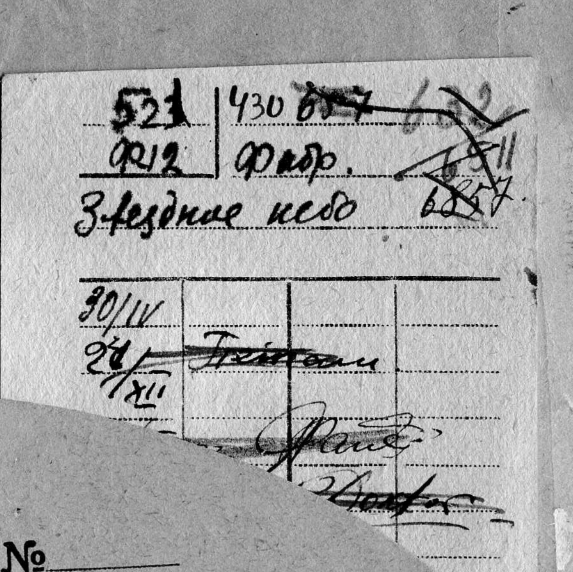


ФАБР

ЗВЕЗДНОЕ НЕБО

ЛЕКЦИИ ИЗ ОБЛАСТИ НАУКИ О НЕБЕ ДЛЯ СТАРОГО И МАЛОГО

„МОСКОВСКИЙ РАБОЧИЙ"
1924



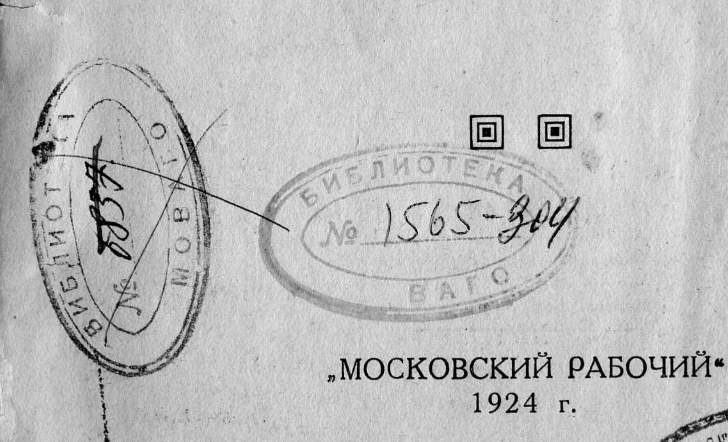
ФАБР.

ЗВЕЗДНОЕ НЕБО

ЛЕКЦИИ ИЗ ОБЛАСТИ НАУКИ О НЕБЕ ДЛЯ СТАРОГО И МАЛОГО

Авторизованный перевод и обработка
проф. д-ра К. Граффа,
наблюдателя Гамбургской обсерватории.

ПЕРЕВОД С НЕМЕЦКОГО С. М.

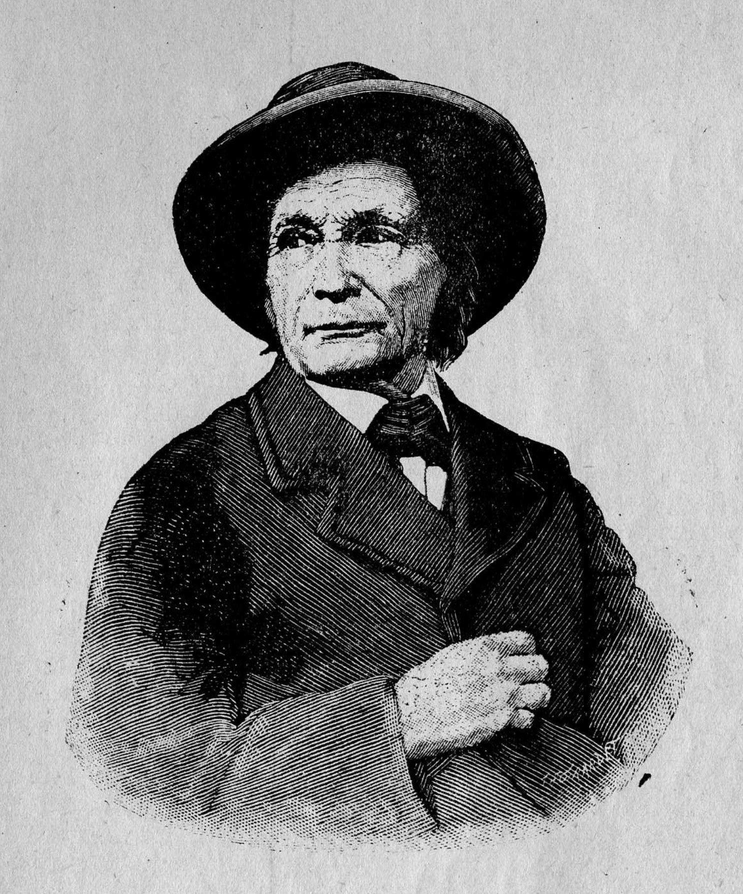


„МОСКОВСКИЙ РАБОЧИЙ"
1924 г.

Типография им. т. Воровского
при Г. П. У.
Москва, Бол. Лубянка, № 18.

Главлит 4198. Тираж 5.000.

Фабр-Графф.—Звездное небо.



I. H. FABRE

родился 23 декабря 1823 г.—умер 12 октября 1915 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ НЕМЕЦКОМУ ИЗДАНИЮ.

Вероятно в первый раз в этой книге предлагается немецкому читателю популярная астрономия, которая принадлежит перу не специалиста. Эта попытка могла бы показаться чересчур смелой, если бы дело шло не о классике в данной области — Фабре, естественно-научная наблюдательность которого и дивное искусство изложения поистине достойны удивления.

Так и предлагаемые лекции из области науки о небе никогда не отступают от ясного и, при всей красоте формы, никогда не выходящего из границ достижимой цели образа мысли и изложения почти 90-летнего автора «Воспоминаний из жизни насекомых». То самое перо, которое умеет приблизить уму и сердцу читателя маленький земной мир, не отказывается тогда, когда дело идет о том, чтобы дать слушателю представление о глубинах вселенной. Уже при перелистывании первых страниц обнаруживается большая разница, выгодно отличающая тон изложения Фабра от остальных работ в этой области. То, что при этом не слишком сокращено содержание и что на первый план выдвигаются космические законы вместо чисто-описательной части,—является дальнейшим преимуществом книги. Хотя она представляет только введение в астрономию и совсем не претендует на полноту, между тем в некоторых отношениях она дает больше знаний, чем какая-нибудь другая, более об'емистая работа нашей столь богатой популярной литературы.

Исправления, которым подвергался оригинал «Лекций» со времени своего появления, были чисто-фактического характера. Дело шло о том, чтобы, несмотря на необходимость полной переработки содержания, сохранить и в переводе теплый тон французского оригинала, насколько это вообще возможно при столь глубоких изменениях. Само собой понятно, что при этом не должно было страдать содержание. Так, некоторые лекции пришлось совершенно исключить, некоторые сократить, другие, наоборот, расширить, чтобы достигнуть некоторого соответствия с научными данными важнейших отраслей астрономии. Оригиналы для иллюстраций приготовлены почти все без исключения мною самим или сфотографированы с подлинных работ. Также и в этом отношении—

как я надеюсь не во вред книги—было положено старание для сохранения цельности. При этом издательство значительно облегчило мне труд производством многочисленных пробных клише и всегда широко шло навстречу моим желаниям. Если бы «Звездному небу» Фабра удалось занять постоянное место среди книг юношества,—это было бы лучшей наградой наших стараний.

Бергендорф, обсерватория, начало июня 1911 года.

Д-р К. Графф.

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ НЕМЕЦКОМУ ИЗДАНИЮ.

Несмотря на военные события, «Звездное небо» нашло читателей как на родине, так и на полях сражений и скорее, чем мы смели надеяться, появилась необходимость во втором издании. Оно отличается от первого только некоторыми сокращениями и улучшениями в форме и способе изложения там, где требовалось еще больше ясности. Все встреченные мною в отзывах желания критики при этом были полностью учтены.

На военной службе, май 1918 года.

Проф. К. Графф.

ЗАМЕЧАНИЯ, КОТОРЫЕ НЕОБХОДИМО ИМЕТЬ В ВИДУ ПРИ ЧТЕНИИ КНИГИ.

Меры протяжения и веса в книге исключительно метрические. Для приблизительного перевода на русские надо иметь в виду, что метр = 3,28 фута (или 22½ вершкам); это составляет около ½ сажени. Километр (км.) = 1.000 метрам (м.) = 0,937 версты ($^{15}/_{16}$), т.-е. немногим меньше версты. Дециметр (дцм.) = $^1/_{10}$ метра. Сантиметр (см.) = $^1/_{100}$ метра. Миллиметр (мм.) = $^1/_{1000}$ метра. 1 аршин соответствует 720 миллиметрам (мм.). 1 килограмм (кгр.) = 2,44 фунта = 1.000 граммам (гр.); 1 фунт = 409 граммам (гр.); тонна = 1.000 килограммам (кгр.) = 60 пудам.

ПЕРВАЯ ЛЕКЦИЯ.

ИЗ ГЕОМЕТРИИ.

Измерения в небесном пространстве и геометрия.—Угол и линия.—Окружность и деление на градусы.—Измерение углов на бумаге и на земле.—Свойства многоугольников.—Треугольник.—Подобные изображения.

Грандиозным голубым сводом—днем—и усыпанным золотой пылью звезд—ночью—представляется нам небо. Но этот призрак перестает быть тайной в свете всераскрывающей науки! Она снимает завесу с неба, и над нашей головой, под ногами, и направо, и налево, раскрывается необ'ятное пространство; оно наполнено тысячами могучих солнц, которые нашему глазу представляются в виде блестящих точек и пространство ширится по всем направлениям в бесконечность. Кто знает, где его середина и границы? Где-то там, в сердце этой беспредельности, плавает наша земля, бесконечно малая в сравнении со вселенной—как пылинка в солнечном луче.

Прежде чем мы приступим к рассмотрению отдельных образований небесного пространства, давайте попытаемся немножко поисследовать мировые бездны и определить расстояние и величины небесных тел. Это заставляет нас прибегнуть к особому измерительному искусству, так называемой геометрии. Она является наукой, которая требует известной работы мысли и, может быть, вначале покажется вам малоинтересной. Но уверяю вас: постараюсь не докучать вам заучиванием утомительных учебных правил. Мы удовольствуемся рассмотрением нескольких очень простых положений. Если же вас некоторые из них вначале, все-таки испугают, то не падайте духом: задача, которую мы хотим разрешить, достойна некоторого усилия. Что вы думаете относительно того, если мы, в самом деле, осмелились бы измерить небо и мировые пространства? Неужели это не заслуживает нескольких минут внимания. Давайте начнем сейчас же.

Более или менее широкое пространство, заключающееся между двух взаимно пересекающихся прямых, называется **углом**. Точка пересечения называется **вершиной**, а

обе прямые—сторонами. Пусть, например, прямые линии AB и AC (рис. 1) пересекаются в точке A. Они постепенно расходятся и образуют между собой пространство, которое мы и называем углом. A является вершиной, AB и AC—его сторонами. Для обозначения угла три буквы его сторон выговариваются таким образом, чтобы буква, находящаяся при вершине угла, стояла в середине. Таким образом, говорят или пишут без различия угол BAC, или угол CAB, но ни в коем случае не угол ABC. Если не возникает сомнения, что речь идет об определенном угле, то можно удовольствоваться только одной буквой, стоящей при вершине, т.-е. назвать уже рассмотренный угол просто углом A.

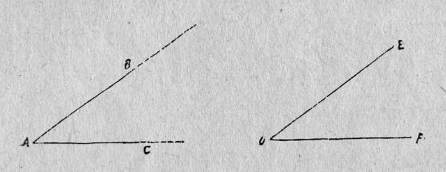


Рис. 1. Углы BAC и EDF между собой равны.

Естественно, что стороны угла не имеют конца, так как их можно себе всегда представить беспредельно продолжающимися. Два угла BAC и EDF (рис. 1) равны между собой, так как взаимное склонение их сторон в обоих случаях одинаково; длина сторон, которая в обоих случаях различна, при этом во внимание не принимается.

Прямые AB и DE, которым своим направлением вместе с прямыми AC или DF составляют одинаковый угол,—одинаково ориентированы или параллельны. Такие линии могут быть бесконечно продолжены без того, чтобы они пересекались. Это говорится на языке геометрии таким образом: параллельные линии пересекаются в бесконечности.

Если одна прямая DC пересекается с другой BA (рис. 2), то образуются два угла различной величины. Меньший угол называют острым, больший—тупым углом. Представим себе, что прямая BA постепенно выпрямляется: тогда острый угол будет увеличиваться, в то время как тупой уменьшается. Наконец, наступит такой момент, что выпрямленная прямая не будет склоняться в одну сторону больше, чем в другую. Тогда оба угла BAC и BAD будут равны, и в этом случае говорят, что BA перпендикулярна, или занимает отвесное положение к DC, и оба угла называются прямыми. Из рисунка видно, что BA может в большей

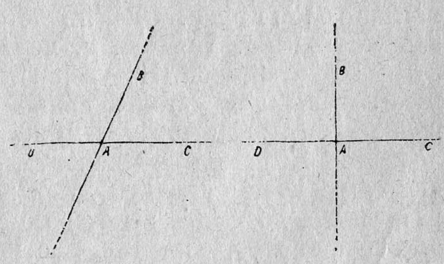


Рис. 2. Тупой, острый и прямой угол.

или меньшей степени наклониться к DC, т.-е. косо стоять, и поэтому значение острого или его соседнего тупого угла постоянно изменяется; таким образом существует большое количество острых и тупых углов различной величины, но прямой угол всегда имеет только одно значение, так как можно себе представить только одно положение, при котором прямая DC склоняется к прямой BA не более в одну сторону, нежели в другую.

Линия, которую описывает движущаяся ножка циркуля, называется линией круга или окружностью; точка опоры другой ножки называется точкой центра или просто центром. Каждая прямая (OA, OB, OC, рис. 3), идущая от центра к окружности, называется радиусом. Ясно, что в одном кругу имеется бесконечное множество радиусов, но они все имеют одинаковую длину, так как они измеряют неменяющееся расстояние между ножками циркуля, которым была описана окружность. Прямая линия BC, проходящая через центр и с обеих сторон касающаяся окружности, называется диаметром или поперечником. Последний в два раза больше радиуса и делит окружность на две равные части. Какой-либо отрезок окружности, напр. AB, называется дугой.

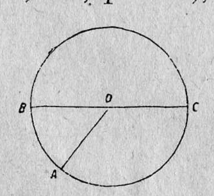


Рис. 3. Радиус и диаметр окружности.

Окружность делится на 360 равных частей, называемых градусами. Каждый градус делится на 60 равных частей, которые называются дуговыми минутами. Если разделить последние на 60 частей, то образуются дуговые секунды. Если применять употребительные сокращения, то пишут таким образом: 1° (один градус)$=60'$ (60 минутам)$=3.600''$ (3.600 секундам). Таким образом, окружность состоит из 360 градусов, или 21.600 минут, или 1.296.000 секунд. Не следует смешивать дуговые минуты и секунды с подобными же обозначениями составных частей часа. Несмотря на одинаковые названия, их значения не имеют между собой ничего общего.

Надо отметить, что градусы окружности не дают величины ее длины; они говорят только о том, какую часть всей окружности составляет рассматриваемая дуга. Если, например, говорят, что дуга окружности измеряется 90 градусами, это значит, что она составляет 90-ю часть 360, т.-е. равна одной четверти окружности; этим еще ничего не говорится о ее длине. Раздвигая или сдвигая ножки циркуля, можно получить бо́льшие или меньшие дуги, между тем как их значение в градусах останется тем же самым.

Если провести через общий трем окружностям (рис. 4) центр O две прямые AC и BD, пересекающиеся под прямым

углом, то каждый из трех кругов этим делится на 4 равных части, и дуги BC, EF и GH, несмотря на различную длину, будут иметь одно и то же значение в градусах, именно 90°, ибо каждая дуга составляет одну четверть соответствующей окружности.

Для измерения углов употребляется так назыв. угломер или транспортир. Он представляет большей частью полукруг, разделенный на 180 градусов. Для практических

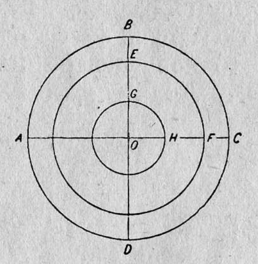


Рис. 4. Прямой угол всегда заключает 1/4 окружности.

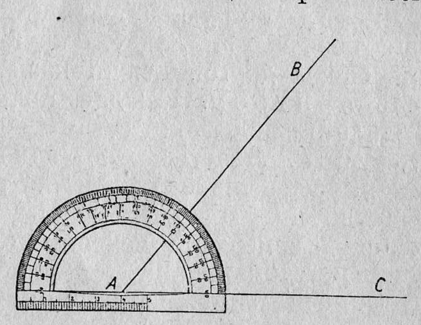


Рис. 5. Измерение угла транспортиром.

целей угломер делают из какого-нибудь прозрачного вещества (напр., рога, целлулоида) и придают ему форму, указанную на рис. 5.

Угломер служит для измерения углов чертежей, т.-е.— на бумаге. Для того, чтобы, например, найти величину угла BAC (рис. 5), угломер кладут на угол таким образом, чтобы центр полукруга совпадал с вершиной A угла, а диаметр— с одной из его сторон, напр. AC. Затем смотрят, на какой черточке деления проходит другая сторона AB. Так как на нашем рисунке этой чертой является 50, то говорят: угол BAC составляет 50°. Прямой угол, как мы помним, всегда имеет значение 90°, т.-е. равен одной четверти окружности, в то время как острый будет меньше, а тупой, наоборот, больше 90°.

Для измерения углов на небе, а также на земле, недостаточно обычного угломера. Для этой цели служит очень большой латунный или бронзовый угломер, имеющий полный круг, разделенный на мелкие части. Этот прибор называется теодолитом. На нем у отметки M, посредством увеличительного стекла, можно отсчитывать минуты и даже секунды. Каждый теодолит соединен со зрительной трубой, которая может двигаться вместе с кругом вокруг отвесной оси, проходящей через середину прибора. Для измерения вертикальных углов теодолиты часто имеют другой круг, также неразрывно соединенный со зрительной трубой и вращающийся вокруг горизонтальной оси. Подобные угло-

меры с двумя кругами называются еще универсальными инструментами (рис. 6).

Для определения углов на земле, например, для определения угла двух перекрещивающихся дорог, прибор точно устанавливают в вершине угла (рис. 7) и направляют зрительную трубу сначала по одной, потом по другой дороге. Искомый угол между этими двумя направлениями A и B, на который была повернута труба, непосредственно отсчитывается у отметки M, на крае круга.

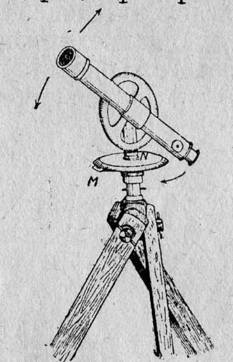


Рис. 6. Универсальный инструмент.

Совершенно подобным же образом поступают, когда требуется измерить угол на небе, напр. угол между точкой зенита и какой-нибудь звездой.

От углов мы теперь перейдем к простейшим геометрическим фигурам.

Многоугольником называется такая фигура, которая ограничена прямыми линиями. В зависимости от того, имеет ли она четыре, пять, шесть сторон, — она называется четырех- пяти- шестиугольников и т. д.

Многоугольник может состоять из любого числа сторон и быть правильного или более или менее неправильного вида; но, несмотря на это различие, многоугольники, как это мы сейчас увидим, имеют одно общее свойство. Нарисуем любой многоугольник, какой захотим, напр. пятиугольник ABCDE (рис. 8) и продолжим его стороны за пределы рисунка. Тогда получим ряд углов: 1, 2, 3, 4, 5, которые называются внешними углами многоугольника. Затем представим себе, что мы эти углы вырезали ножницами и сложили их плотно сторона к стороне вокруг одной общей точки. В этом случае форма многоугольника и число сторон не играют никакой роли[1]):

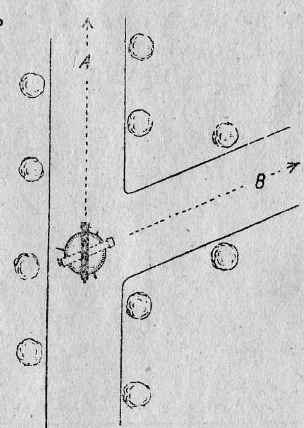


Рис. 7. Измерение угла двух пересекающихся дорог.

всегда эти углы замкнут круг и соединятся таким образом, что последней угол заполнит как раз то место, которое осталось свободным между первым и предпоследним углом. Если мы теперь опишем вокруг точки их общих вершин

[1]) Многоугольники со входящими углами исключаются из этих рассуждений; для таких фигур правило неприменимо.

круг, то станет ясно, что углы, расположенные вокруг центра, заполняют собой весь круг без всякого промежутка. Итак, сумма внешних углов всякого многоугольника занимает полный круг и, следовательно, покрывает 360°. Это является в высшей степени замечательным свойством, и я советую вам самим испробовать правильность этого правила; для этого вырежьте внешние углы вами самими нарисованных многоугольников и расположите их вокруг общей точки.

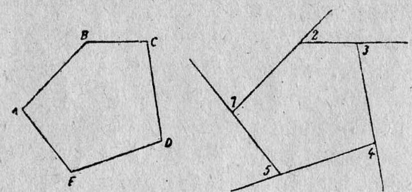
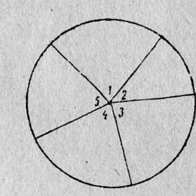



Рис. 8. Свойства многоугольника.

Рис. 9. Сумма внешних углов многоугольника составляет 360°.

Если мы еще раз над этим подумаем, то выведенное свойство станет само собой очевидным. Заметьте, что каждый из внешних углов 1, 2, 3, 4 и 5 многоугольника тесно примыкает к предыдущему и открывается в определенной части плоскости так, что они в совокупности принимают всевозможные направления на плоскости. При расположении углов вокруг общей точки они также должны заключить все мыслимые направления и поэтому замкнуть полный круг.

Самой простой и самой важной фигурой в астрономии является т р е у г о л ь н и к. Несмотря на свою простоту, он по своим общим свойствам вполне соответствует другим многоугольникам; сумма его внешних углов также равняется 360°. Отсюда мы можем вывести одно его свойство, которое нам в дальнейшем будет очень полезно.

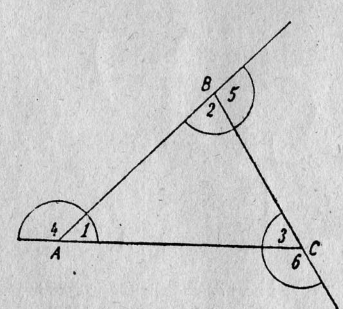


Рис. 10. Свойства треугольника.

Пускай дан треугольник ABC (рис. 10). Мы хотим доказать, что его углы 1, 2 и 3 вместе составляют 180°. Для этой цели продолжим стороны так, чтобы образовались внешние углы 4, 5, 6. Ясно, что углы 1 и 4 вместе составляют 180°. То же самое мы сможем установить у углов 2 и 5, как и у 3 и 6, сумма которых также равна 180°. Общая сумма углов, таким образом, будет три раза по 180°. Вычтем из нее сумму внешних углов 4, 5 и 6, т.-е. 360°, или два раза 180°, и тогда останется 180° в качестве суммы углов 1, 2 и 3.

Итак, сумма трех углов каждого треугольника, как я и утверждал, всегда равна 180°.

Если же мои рассуждения вам показались мало убедительными, то сделайте следующий опыт: нарисуйте любой треугольник, напр. ABC (рис. 11), и смерьте угломером его углы. Угол A вы найдете = 50°, B = 60° и C = 70°. Сумма этих чисел даст вам точно 180°. Другие треугольники вам покажут то же самое. И вообще, в каждом треугольнике без исключения сумма углов постоянно = 180°. Следите только за точностью измерения; трудностей вы при этом не встретите, если угломер будет плотно приложен и вы верно отсчитаете деления.

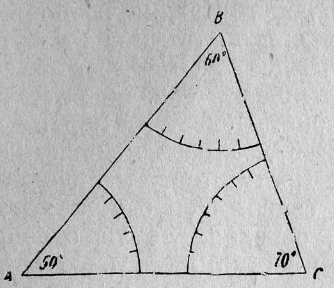


Рис. 11. Сумма углов треугольника равна 180°.

Из всех форм, которые может иметь треугольник, особенно замечательны три: равносторонний, равнобедренный и прямой треугольник (рис. 12).

Если все три стороны треугольника между собой равны, он называется равносторонним. В равностороннем треугольнике все три угла его также равны между собой, т.-е. каждый составляет третью часть 180° = 60°.

Треугольник, у которого только две стороны равны, называется равнобедренным. В этом случае углы, лежащие против равных сторон на линии основания или просто на основании, или базисе, равны между собой.

Прямоугольным треугольником называется такой, один из углов которого—прямой угол. Этот последний угол C (рис. 12) образуется двумя взаимно перпендикулярными линиями BC и AC и равен 90°. Для того, чтобы сумма углов равнялась 180°, другие два угла должны иметь величину 90°. Заметим себе для будущего, что сумма острых углов прямоугольного треугольника равна 90° и что сторона AB, лежащая против прямого угла, называется г и п о т е н у з о й.

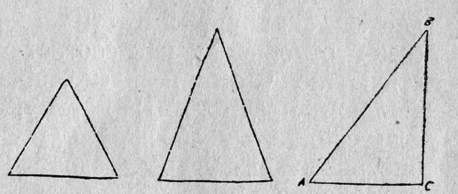


Рис. 12. Равносторонний, равнобедренный и прямоугольный треугольник.

Если мы радиусом BC опишем вокруг точки B дугу, то сторона AC треугольника коснется окружности в точке C. Прямая AC, которая касается окружности, не проникая внутрь круга, называется касательной или т а н г е н с о м. Тангенс, как это показывает рис. 13, перпендикулярен к радиусу BC и, следовательно, образует с ним угол = 90°.

На этом мы могли бы пока с нашими геометрическими занятиями покончить. Но что же мы будем делать с этими простыми понятиями? Неужели измерять небо и землю? Неужели действительно возможно огромные расстояния, заключенные в небесных пространствах и на земле, представить в виде маленьких треугольников и многоугольников, которые мы здесь рисовали?

Вы сейчас убедитесь, что это действительно возможно. Предположим, что вы хотите срисовать какой-нибудь предмет, напр. голову. Ваша работа должна строго согласоваться с размерами модели, т.-е. во всех частях быть ей подобна. Положим, нарисовав нос, вы его сделали в два раза меньше, чем он у вашей модели. Против этого я ничего не могу возразить; но озаботьтесь о том, чтобы продолжать работу, сохраняя те же отношения. Положим, вы приступили к рисованию рта. Не должен ли он быть в два раза меньше, т. к. вы только что таким образом нарисовали нос? Глаза, уши, подбородок, лоб, локоны волос,—не должны ли и они быть уменьшены в том же отношении? Какое впечатление произвел бы на вас нарисованный маленький нос рядом с огромным глазом, миниатюрный подбородок под колоссальным ртом! Тогда бы вы имели не похожий на оригинал рисунок, а его отвратительную карикатуру.

Рис. 13. Касательная АС перпендикулярна радиусу ВС.

Итак, если, начав рисунок, вы уменьшили нос в два раза, то и остальные части лица надо рисовать, уменьшая соответственным образом. Это бесспорное положение, необходимое для рисования головы, применяется и к черчению геометрических фигур; мы получим сходную фигуру только тогда, когда все части чертежа находятся в том же самом отношении, как соответствующие части на действительном предмете. И потому, для сходного изображения геометрической фигуры, недостаточно одного соблюдения правильных пропорций в линиях, —требуется кое-что большее.

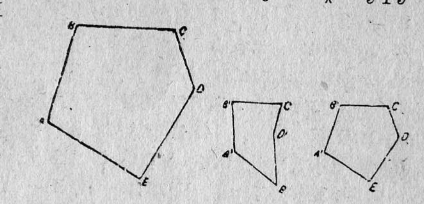


Рис. 14. Неподобное и подобное уменьшение геометрической фигуры.

Представьте себе, что вы должны счертить геометрическую фигуру ABCDE (рис. 14), уменьшив ее в два раза. Вы откладываете A^1B^1 в два раза меньше AB (рис. 14), B^1C^1—в два раза меньше BC, C^1D^1—в два раза меньше CD и, наконец, D^1E^1—в два раза меньше DE. Но, несмотря на полное сохранение правильного отношения в линиях, рисунок совершенно непохож на оригинал. Что же мешает их

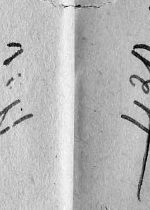
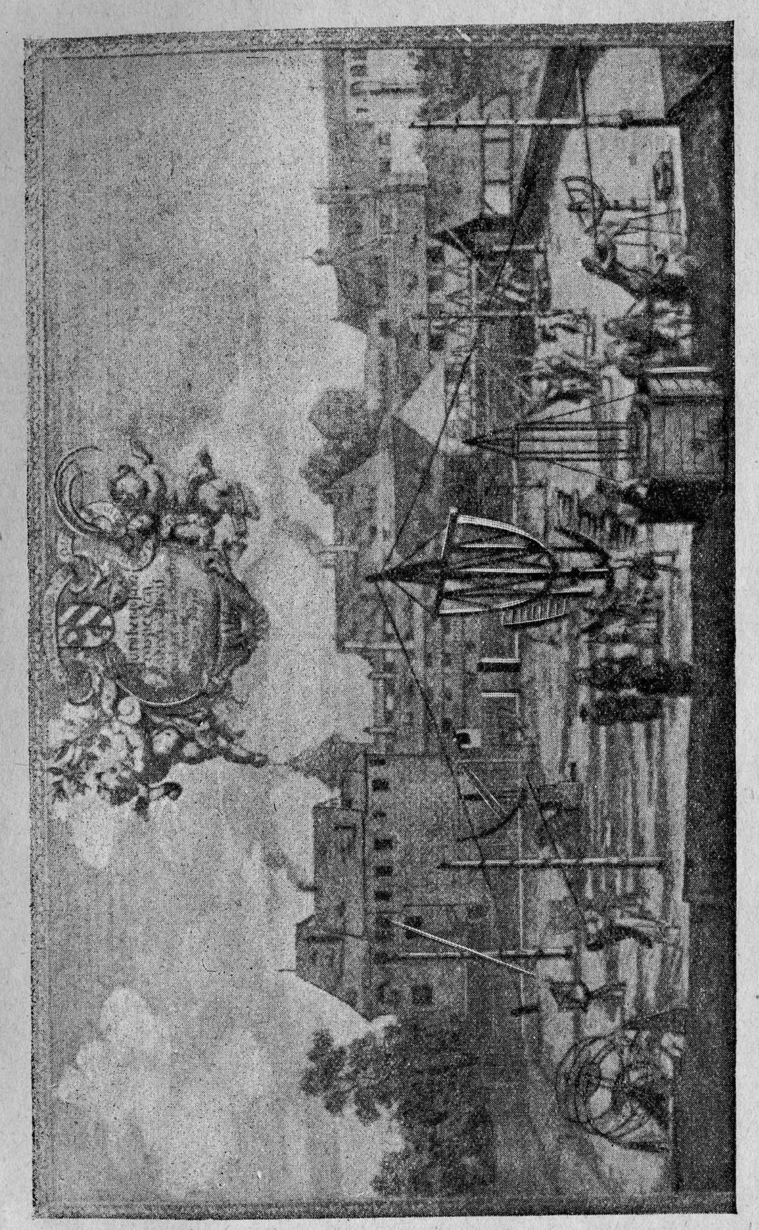


Таблица I.



Инструменты для наблюдения и измерения на старой Нюренбергской обсерватории в начале 18-го столетия.



сходству? Мешает угол, который мы при счерчивании не приняли во внимание. Давайте попытаемся снова воспроизвести чертеж, при чем постараемся тщательно сохранить правильное соотношение углов. Я откладываю линию A^1B^1, равную половине AB (рис. 14); затем в точке B откладываю угол, равный соответствующему углу в оригинале; продолжая таким образом чертеж, я получаю новую фигуру $A^1B^1C^1E^1$, которая совершенно подобна первоначальной.

На основании этого мы можем вывести правило: в подобных геометрических фигурах, ограничивающие их стороны находятся между собой в одинаковом отношении, а соответствующие углы равны.

Это является правилом чрезвычайной важности. Пользуясь им, мы можем совершенно точно воспроизвести, правда в уменьшенном виде, многие природные предметы, напр. четырехугольное поле, многоугольный контур леса и т. п., употребляя для их измерения угломер и рулетку.

Мы наносим на бумагу в определенном масштабе (напр. 1 естественный метр = 1 миллиметру на чертеже) все длины, с сохранением их наблюденных и вымеренных направлений. Полученная фигура будет во всех своих частях совершенно сходна с естественными предметами и даст нам настолько ясное представление о поле, лесе и т. п., как если бы мы рассматривали изображенные области с воздушного шара.

Мы скоро убедимся, что, выполняя работу счерчивания на бумагу природного геометрического изображения, мы произвели слишком много измерений.

Чтобы срисовать голову, ландшафт или что-нибудь подобное, необходимо видеть срисованный предмет во всех его частях. Если часть его закрыта, неужели вы возьметесь ее срисовать?—Конечно, нет. Чтобы срисовать картину, прежде всего необходимо ее видеть. Я думаю, что это ясно, как день.

Но геометрические фигуры, в силу их необычайной простоты, исключаются из этого правила; их можно воспроизводить и срисовывать с большим сходством даже в том случае, если они только частично видны. Для доказательства этого, я приведу вам следующий пример.

Положим, что четырехугольник ABCD (рис. 15) должен быть уменьшен в три раза. Если бы он был весь виден, то работа не представляла бы никакого затруднения. Но представим себе, что один из углов запачкан чернилами или оторван так, как это показано на рисунке. Тогда мы не знаем угла A и длины сторон AB и AD. Можем ли мы с этого неполного рисунка счертить изображенную на них фигуру?—Попробуем. Вот я откладываю угол C^1, равный C. Из сторон этого угла я откладываю C^1D^1 и C^1B^1, равные одной трети CD и CB. Затем в точке B черчу угол B и получаю неопределенную прямую B^1X. Затем поступаю подобным же обра-

зом с угла D в точке D^1, отчего образуется другая неопределенная кривая D^1Y. Эти обе прямые пересекутся в совершенно определенной точке A^1. Таким образом, фигура восстанавливается сама собой, без помощи всяких произвольных предположений.

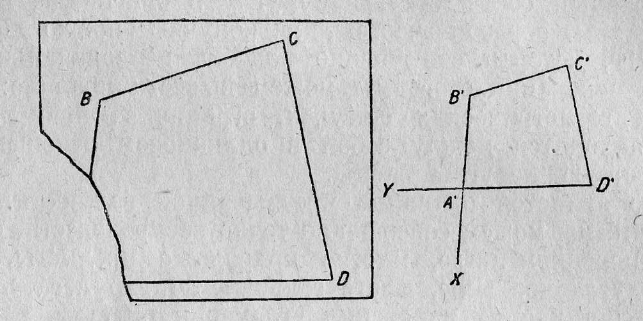


Рис. 15. Подобное уменьшенное воспроизведение многоугольника.

Отсюда следует: для того, чтобы счертить какую-нибудь геометрическую фигуру с другой фигуры, нет необходимости знать последнюю во всех ее подробностях; достаточно знать ее лишь настолько, насколько это необходимо, чтобы довести выполнение чертежа до момента, когда фигура восстановится сама собой.

Этому важному правилу геометр на земле, а астроном в небе делают самое широкое применение. Оба, с наивозможнейшей точностью, измеряют доступные им расстояния и углы. Формы и величины треугольников и многоугольников, которым принадлежат эти расстояния и углы, затем воспроизводятся чертежами или вычислением.

■■ ■■

ВТОРАЯ ЛЕКЦИЯ.

ФОРМА И ВЕЛИЧИНА ЗЕМЛИ.

Шарообразная форма земли.—Часовой циферблат в качестве модели земного меридиана.—Измерение окружности земли.—Большие и малые круги шара.—Наглядное представление величины земли на различных примерах.

Земля представляет собою огромный шар, свободно парящий в небесном пространстве. Из многочисленных доказательств шаровидной формы земли, я приведу только самые простые. Если мы находимся в поле, то взгляд наш ограничивается некоторой круговой линией—горизонтом; и, как бы высоко над землей мы ни поднимались, явление не изменяется—видимая часть земли нам кажется кругом

(рис. 16). Это особенно отчетливо наблюдается на море, где различные неправильности земной поверхности — скалы, холмы, горы—не мешают глазу. Путешествуя на море днями, неделями, месяцами, мы все время находимся в середине круга, который подобно стене сковывает взгляд и где-то далеко на горизонте соединяет землю с небом—по точной круговой линии соединяется водная волнующаяся синева с лазурью неба. Если бы существование горизонта вызывалось слабостью нашего зрения, неспособного различать предметы на далеком расстоянии за пределами горизонта, то тогда, пользуясь подзорной трубой, можно было бы расширить, раздвинуть его границы. Но ничего подобного не происходит — тот же круг, который мы обычно видим, связывает зрение глаза, вооруженного самыми лучшими приборами.

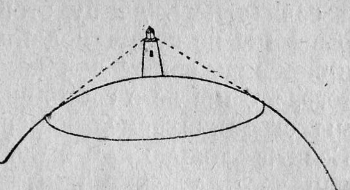


Рис. 16. Кругозор ограничивается горизонтом.

Горизонт образуется кажущимся сгибом земной поверхности по линии, разделяющей видимую ее часть от невидимой; и не слабость зрения мешает нам видеть предметы, лежащие за пределами горизонта, а кривизна земного шара. Отсюда можно сделать естественный вывод: если то пространство земли, которое только обнимает взгляд, везде и всегда представляется нам кругом,—значит, и земля в целом—кругла.

Если мы теперь признали, что земля имеет форму шара,— то следующим вопросом, который мы себе поставим, будет вопрос о величине земли. Как велика окружность этого огромного шара? Как исчислить ее в метрах?—Я мог бы вам просто сказать, что окружность земли=40 миллионам метров; но этого мало, мне бы хотелось, чтобы вы себе усвоили те способы и пути, посредством которых человечество пришло к точному знанию величины земли.

Вы, конечно, знаете один из способов измерения длины определенного расстояния—метр откладывается столько раз, сколько это расстояние их в себе содержит, но этот путь совершенно неприменим в том случае, если дело идет об измерении окружности земли. Разве не покажется вам нелепым, если мы будем откладывать метр за метром через горные кряжи материков и бурные моря, не говоря уже про то, что и сил человеческих не хватит для выполнения этой бессмысленной работы.

Как же мы должны поступить?—Просто применить правила геометрии, которая пренебрегает этими трудностями.

Если бы вам предложили измерить окружность какого-нибудь круглого предмета, напр. циферблата часов, то вы,

несомненно, поступили бы следующим образом. Обложив точно циферблат шнуром, вы бы затем расправили его и смерили измерительной линейкой. Для подобного случая это самый простой и легкий прием, но совершенно неприменимый для огромного шара земли.

Можно применить к циферблату другой, косвенный путь измерения. Каждый циферблат разделен на двенадцать частей, соответствующих двенадцати часам. Измеряем пока одну из них, положим расстояние между двенадцатью и часом,— и если теперь длину этой части помножим на двенадцать, разве мы не получим длины всей окружности? Подобный же прием применяют для измерения окружности земли. В виду того, что мы не в состоянии измерить ее на всем протяжении, мы ограничиваемся измерением только некоторой ее части. Если бы только нам было известно, сколько раз эта измеренная часть уложится на полной окружности! Когда мы это узнаем, вопрос будет кончен. К сожалению, окружность земли не разделена, подобно циферблату часов, на определенные части. Кажется, что эту трудность никоим образом нельзя преодолеть. Кто скажет нам, сколько таких расстояний, которое мы с таким трудом измерили, содержится в окружности земли?—Опять геометрия. Смотрите.

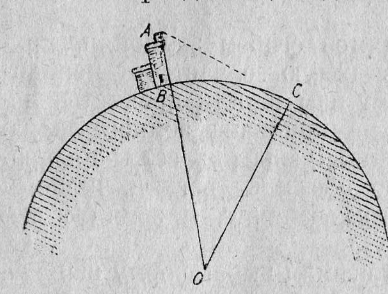


Рис. 17. Измерение земной окружности.

Мы поднимаемся над точкой В (рис. 17), лежащей на ровной широкой равнине так высоко, чтобы пред нами открылся возможно далекий горизонт. Чем выше находится наш наблюдательный пункт А над точкой В, тем, конечно, дальше будет достигать наш взгляд.

Прежде всего мы должны измерить расстояние до С— точки, лежащей вдали, на горизонте. Итак, мы способом, обычно употребляющимся в полевых измерениях, вымеряем расстояние ВС, при чем последовательно откладываем по земле нашу мерку—ленту длиной в 10—20 метров. Положим, что для длины дуги ВС земной окружности, мы нашли величину в 50.000 метров или 50 километров. Нет сомнения, что подобное измерение дается нелегко и не в один день, но опытом и старанием мы все-таки достигаем цели.

Итак, нам известна длина дуги ВС. Чего же нам не хватает для того, чтобы вычислить длину всей окружности земли?—Ясно, что у нас нет данных о том, сколько раз такая дуга уложится в окружности; если бы мы знали, что таких дуг, положим, тысяча, мы могли бы сказать: окружность земли равна тысячу раз 50 километров; т.-е. совершенно

также, как мы получили длину окружности циферблата помножением длины ее известной части на 12. Если бы, кроме длины ВС, нам была дана его дуговая величина в градусах и минутах! Тогда бы мы, по крайней мере, знали, сколько раз ВС содержится в 360° градусах земной окружности, а затем было бы совсем простой задачей вычислить результат. Для того, чтобы получить искомую величину, давайте рассмотрим угол СОА, образованный двумя прямыми СО и АО, которые идут от вершины башни и от точки С к центру земли. Итак, мы хотим заняться рассмотрением угла, который заключает в себе дугу ВС и в некотором роде похож на часть колоссального угломера.

Таким образом, наша задача сводится к определению величины угла СОА. Но, спрашивается: какой глаз может проникнуть в центр земли, для того, чтобы оттуда измерить угол. Ясно, что только такой, который видит невидимое: острое зрение разума и творческая сила геометрии. Даже не измеряя в треугольнике АОС угла С, можно сказать, что это—прямой угол, ибо он образован радиусом земли ОС и касательной к окружности АС, которая встречается с земной дугой в точке горизонта. Но если треугольник АОС прямоугольный, то, как это мы узнали в предыдущей лекции, сумма углов А и О должна быть равна 90°. Если нам будет дана величина одного из них, то этим самым мы узнаем и величину другого: простое вычитание из 90 даст нам искомый результат. Поэтому давайте вымерим угол САВ у острия башни.

Для этого направим зрительную трубу угломерного прибора (рис. 6) на крайнюю точку горизонта С, а затем на центр земли О и отсчитаем у отметки М угол, лежащий между этими двумя направлениями.

Нам кажется сначала невозможным точно определить место нахождения земного центра. И правда, как направить подзорную трубу на центр земли, который невидимо и скрыто лежит где-то необычайно глубоко под нашими ногами? И, все-таки, это совсем простое дело. Подвесьте на нити какой-нибудь тяжелый предмет, напр. свинцовый шар, затем возьмите свободный конец нити в руку и отпустите шар! Когда он перестанет качаться, то натянутая нить и даст направление к центру земли, настолько точно, насколько это могло бы быть, если бы тяжелое тело на самом деле видело земной центр. Другими словами: если мы мысленно продолжим нить внутрь земли, то она точно пройдет через центр земли.

Таким образом, для того, чтобы получить величину угла ОАС, мы должны измерить угол между отвесом и направлением АС. Положим, измерение дало ОАС = 89°33′, тогда угол у центра земли АОС = 90° минус 89°33′, т.-е. 0°27′. Так как

27′ + 33′ дают 60′ или 1°, то этот градус, прибавленный к 89°, дает 90°, т.-е. величину, равную сумме обоих углов.

Если же угол у центра земли СОВ имеет 27′, то дуга, заключенная между его сторонами, тоже будет равна 27′. Теперь нам осталось разрешить только один вопрос: сколько раз содержится дуга в 27° во всей окружности в 360°, или 21.600′. Деление дает число 800. Отсюда ясно,—если дуга ВС, длину которой мы нашли = 50.000 метрам, содержится 800 раз во всей окружности, то эта последняя равняется 800 раз по 50.000 метров, или 40.000.000 метров.

В действительности измерения и вычисления для определения величины земли ведутся несколько иначе. Прежде всего, геометру требуется фактически вымерить только незначительную часть нашей дуги в 50 километров, и этим все-таки достигается желанная цель: получается точное числовое выражение окружности земли. Небольшое расстояние, длиной в полдюжину миль, и угол—вот все, что требует наука для выполнения одного из самых удивительных вычислений.

Как жалко, что геометрия не обладает увлекательностью красивого рассказа! Сколько бы интересных задач могли бы мы легко, играя, разрешить! Но на этот раз достаточно и этого вывода: я и так уже боюсь, не слишком ли затянулся рассказ про угол.

Разрезая яблоко на части, мы получаем целый ряд кругообразных отрезов, которые будут то больше, то меньше, в зависимости от того, ближе ли к центру или от него дальше прошло лезвее ножа. Если провести ножом через центр яблока, то полученный срез будет наибольшим, и яблоко окажется разрезанным на две равные части. Если яблоко разрезать не по центру, а где-нибудь в другом месте, то круговой срез получается меньше, и плод делится на две неравные части. Отсюда без дальнейшего становится ясно, что на поверхности любого шара можно нарисовать любое количество кругов, то такие, которые делят его на две равные части, то другие—меньшие, уже не дающие равных частей. Первые называются **большими кругами**, и все они равны между собой, независимо от того, где они получились, т. к. их радиус всегда является радиусом шара. Другие называются малыми кругами—их радиус будет тем меньше, чем он дальше лежит от центра (рис. 18).

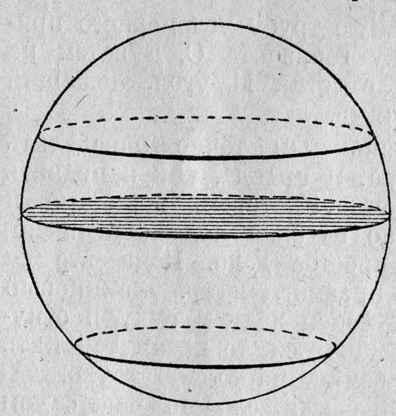


Рис. 18. Большие и малые круги в качестве шаровых срезов.

Окружность шара всегда измеряется по большому кругу. И это совершенно естественно. Если вы хотите измерить окружность апельсина, то вы, конечно, будете измерять ее не по маленькому срезу, который состоит только из кусочка кожи, но по большему срезу, проведенному через середину, т.-е. по большому кругу; так и окружность земли измеряется по большему кругу, который мы мысленно проводим на ее поверхности. По предыдущим вычислениям, большой круг земли имеет в окружности 40.000.000 метров, или 40.000 километров. Посредством применения известных геометрических правил можно вычислить радиус этого большого круга, т.-е. радиус шара земли. Он равен в круглых числах 6370 километрам.

Лучшее представление о величине земли вы получите на нескольких наглядных примерах.

Для того, чтобы обхватить круглый стол, мы держимся за руки втроем, вчетвером или впятером. Если бы нам взбрело на ум желание водить хоровод вокруг земли, то для этого потребовалась бы цепь из стольких лиц, число которых значительно превысило бы половину населения Германии. Если бы вы захотели путешествовать вокруг земли пешком, делая каждый день по 40 километров,—что, конечно, невозможно,—то для этого вам потребовалось бы больше трех лет, принимая при этом, что ваш путь не прерывается морем. Какое тело способно было бы выдержать такое напряжение в течение трех лет, когда уже однодневный переход в 40 километров выматывает наши силы так, что продолжение пути следующим днем невозможно.

Поэтому давайте обратимся к действительно неутомимым путешественникам — облакам! Они беспрепятственно перелетают с одной части земли на другую; равнины, горы, моря им не служат препятствием; с чрезвычайной легкостью преодолевают они их. Посмотрите на облако, которое сейчас так быстро мимо пролетает по небу: сколько времени потребуется ему, чтобы облететь вокруг земли, если гонящий его ветер сохранит свою силу? Для этого потребуется около четырех недель, ибо сильный ветер в час проходит едва ли больше, чем 60 километров. Четыре длинные недели должны пройти, прежде чем облако вернется к нам обратно, а оно несется так быстро, что тень гигантскими шагами скользит по земле с холма на холм!

Давайте рассмотрим еще другой род сравнений. Представим себе, что шар толщиной в два метра изображает нашу землю; постараемся воспроизвести на его поверхности, в соответствующем масштабе, одну из самых значительных гор. Высочайшей горой земли является Монт Эверест, одна из

вершин Гималайского горного хребта в Малой Азии. Ее высота равна 8.750 километрам. Даже облака редко достигают такой огромной высоты, редко им удается отдыхать на ее вершине; а ее основание так велико, что им можно было бы покрыть целое государство. Изобразим же ее на нашем шаре, представляющем землю. Маленькой песчинки вышиной в 1½ миллиметра достаточно для изображения на нашей модели огромнейшей горы нашей планеты. Высочайшая гора Европы Монблан могла бы быть представлена в два раза меньшей песчинкой. Бесполезно продолжать эти примеры. Горы нам представляются огромным образованием, побеждают своей грандиозной величиной,—по сравнению же с землей—они не более пылинки, и едва заметны на ее огромной круглой поверхности. А широко разлившиеся, глубокие моря,—что они из себя представляют по сравнению с землей? Моря покрывают приблизительно одну четверть поверхности, их средняя глубина равна от 4 до 5 километров. Для того, чтобы наполнить моря, тысяча рек величиной с Рейн в течение 20.000 лет должны в них изливать свои воды. И, все-таки, по сравнению с землей, огромные количества вод океанов почти ничего не значат. Вполне достаточно помазать поверхность нашего шара кистью, пропитанной водой для того, чтобы оставить количество влаги, необходимое для полной картины моря на земле!

А еще шире развернувшийся воздушный океан, окружающий нашу землю, можно было бы представить на шаре оболочкой газа толщиной в 5 сантим. Едва заметный, бархатный, окутывающий персик пушок достаточно правдиво, если еще не преувеличивает, представляет воздушное море земли. Теперь вы поняли, что земля, несмотря на горы и долины, может называться круглой в полном смысле этого слова. Ее шарообразная форма так же мало изменяется этими неправильностями поверхности, как круглая форма апельсина — шероховатостями его кожи. Я здесь приведу еще раз, в круглых числах, некоторые значения относительно величины земли: радиус земли=6370 км., окружность земли = 40.000 км., поверхность земли = 510.000.000 кв. км., об'ем земли = 1 биллион 83.000 миллионов куб. километров.

Рис. 19. Ускорение свободно-падающего шара: путь, проходимый шаром в 1, 2, 3, 4, 5 и 6 секунды от начала падения.

Последние значения вычисляются из радиуса посредством простых геометрических правил, на об'яснении которых я здесь не могу останавливаться. Эти числа нам потребуются в следующей лекции для того, чтобы с их помощью определить действительный и, так называемый, удельный вес нашей родной планеты.

■■ ■■

ТРЕТЬЯ ЛЕКЦИЯ.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕСА ЗЕМЛИ.

Падение тел и сила притяжения земли.—Крутильные весы Кавендиша.—Зависимость притяжения от расстояния и массы. — Правило притяжения масс.—Еще раз весы Кавендиша.—Вес и плотность земли.

Все тела, поднятые с земли и предоставленные самим себе, падают, т.-е. возвращаются на землю. Они падают по направлению к центру земли, т.-е. по вертикальной линии. Наблюдение нас учит, что свободно падающее тело в первую секунду проходит путь длиной в 4 метра и 90 сантиметров, т.-е. 4,9 метра. Продолжая падать, скорость падения возрастает, и путь, пройденный падающим телом в следующую секунду, значительно увеличивается. В две секунды тело проходит 2×2×4,9 или 19,6 метров, в три 3×3×4,9 или 44,1 метра, в шесть секунд 6×6×4,9 или 176,4 метра и т. д. Следовательно, пройденный путь падающего тела выражается всегда числом 4,9, помноженным на так называемый квадрат скорости в секундах (2×2, 3×3 и т. п.) (рис. 19).

Причина падения заключается в силе земного притяжения. Эта сила притяжения является общим свойством всех тел. Все тела взаимно притягиваются, следовательно обнаруживают склонность соединяться друг с другом. Тот факт, что все предметы, которые мы ежедневно видим, не двигаются друг к другу в силу взаимного притяжения, об'ясняется только тем обстоятельством, что они известным образом прикреплены к своему месту. Они связаны их собственным весом—результатом силы земного тяготения, значительно превосходящей силу притяжения других тел. Кроме того, различные препятствия, совершенно непреодолимые, мешают телам взаимно притягиваться, именно: сопротивление воздуха и трение, которое им надо преодолеть, чтобы сдвинуться с места. Но если притягивающее тело велико, а притягиваемое обладает достаточной свободой движения, то внимательный взгляд может обнаружить факт их взаимного притяжения. Отвес (нить, на которую подвешен металлический шар), висящий на равнине вертикально, вблизи больших гор обнаруживает некоторое отклонение от вертикаль-

ного направления: металлический шар отклоняется по направлению горы, сила притяжения которой является причиной о т к л о н е н и я о т в е р т и к а л и (рис. 20). Взаимное притяжение тел можно установить следующим путем. Тонкий деревянный стержень, длиной в несколько метров, подвешивается за его середину на тончайшей нити, которая закрепляется в точке A (рис. 21). На обоих концах стержня прикрепляются два маленьких шарика B и C одинакового веса. Эти маленькие шарики уравновешивают друг друга, как одинаковые разновесы на чашках весов, и вся система—стержень и шары приходят в равновесный покой. Затем к ним, на соответственно равном расстоянии, как это показано на рисунке 21, подводятся два больших свинцовых шара одинакового веса. Если этот опыт производить достаточно осторожно, то можно заметить, как стержень BC с маленькими шариками приходит в вращательное движение и маленькие шарики приближаются к большим свинцовым шарам. Направление движения шариков B и C совпадает с направлением силы тяготения больших шаров D и E, но движение совершается так медленно, что для того, чтобы вообще обнаружить движение стержня BC, требуется самое острое внимание. В данном случае дело не идет о вертикальном падении, а движение совершается по линии, соединяющей центры притягивающих и притягиваемых шаров, как того требуют условия опыта. Этот опыт нас сейчас интересует только тем, что здесь имеется доказательство, что сила притяжения является общим свойством всех тел и по величине отклонения стержня мы можем судить о величине самой силы. Мы скоро увидим, что это обстоятельство имеет большое значение для наших дальнейших выводов. Здесь

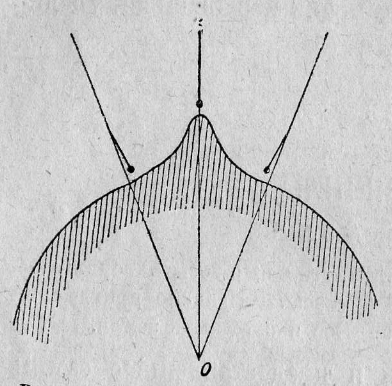


Рис. 20. Отклонение свинцового отвеса от вертикали, вследствие притяжения горы.

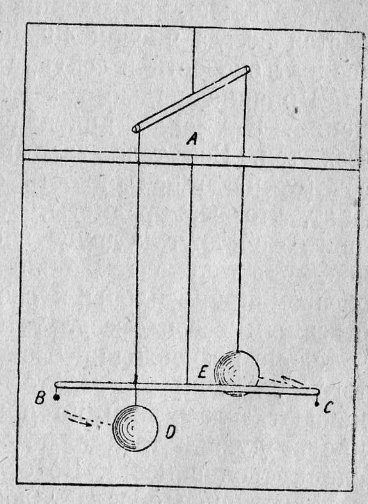


Рис. 21. Крутильные весы Кавендиша для определения веса земли.

мы только упомянем, что этот прибор называется в е с а м и К а в е н д и ш а, по имени английского естествоиспытателя Кавендиша, который ими воспользовался уже 150 лет тому назад для определения веса земли.

Из того, что всякое поднятое с земли тело падает опять обратно на землю, следует, что его притягивает земля совершенно так же, как это мы видели на предыдущем опыте—большие свинцовые шары притягивают маленькие шарики. Притяжение землею тел, находящихся на ее поверхности, проявляется не отдельной ее частью, а всеми вместе в одно и то же время. Как верхние, так и внутренние земные части стремятся одновременно притянуть к себе данное тело. Из этих отдельных сил тяготения слагается общее притяжение земли, направляющее падение тела к центру.

Представим себе телегу с дышловой упряжью! Если в дышло запрячь лошадь только с одной правой стороны, то криво, с наклоном направо, покатится телега; если же запрячь с левой стороны, то телега двинется криво, но уже с наклоном налево. Если же впрячь лошадей с обоих сторон, то телега будет катиться прямо. Совершенно то же самое происходит в момент падения тела, ибо мы всегда можем себе представить землю как бы разделенную на две части—правую и левую. Обе силы действуют вместе так, как будто вся сила притяжения земли сосредоточена в центре: притягивающее тело не падает ни направо, ни налево, а направляется в середину, в центр земли, как будто совокупность притягивающих частей сосредоточена в центре шара.

Возвратимся к рисунку 21. К большому свинцовому шару D, под влиянием его притяжения, приближается соседний маленький шарик B; он падает на свинцовый шар очень медленно, так как сила притяжения B в высшей степени незначительна. Предположим, что большой шар обладает весом в 100 килогр. и что маленький шар в первую секунду своего движения, или точнее—падения на большой шар, прошел 1 миллиметр. Что же получится, если большой шар мы сделаем из плотного кованого свинца? Если он при той же величине будет заключать в себе вдвое больше вещества, или, как говорят, будет иметь вдвое большую массу, т.-е. будет весить, вместо 100 килограммов, 200? [1]) Ведь ясно, что общее притяжение какого-нибудь тела складывается из отдельных сил его частичек. И потому, чем больше данное тело заключает в себе таких частичек, т.-е. другими словами, чем больше оно содержит вещества, чем оно плотнее и тяжелее, тем сильнее будет проявляться сила его притяжения. Поэтому надо по-

---

[1]) Это только предположение—ни один сильнейший кузнец не в состоянии уплотнить свинец в два раза.

лагать, что большой шар, имеющий в том же об'еме вместо 100 килограммов свинца 200, притянет к себе в первую секунду маленький шарик не на один миллиметр, а на два.

Все эти рассуждения слово в слово применимы к земле. Земля заставляет всякое падающее тело делать в течение первой секунды путь длиной в 4,9 метра; и если бы в ней, не изменяя об'ема, увеличить количество заключающегося в ней вещества в два, три раза, то скорость падения тел в первую секунду была бы в два, три раза больше. Эти выводы мы можем обобщить и сказать: притяжение возрастает вместе с увеличением количества вещества, заключенного в притягивающем теле, или, если мы будем придерживаться употребительных выражений: сила притяжения пропорциональна количеству вещества, или так называемой м а с с е притягивающего тела. Пока мы будем иметь дело с явлениями на земле, мы можем говорить, вместо массы, в е с, и оба эти понятия приравнять друг к другу.

Сила притяжения ослабевает по мере того, как притягиваемое тело удаляется от притягивающего. Скорость падения первого будет совершаться тем медленнее, чем больше между ними расстояние. Удалось установить, что даже на высоких горах тела падают медленнее, чем на равнине,—доказательство того, что даже при таком незначительном удалении от земной поверхности притяжение ослабевает. По какому же закону уменьшается сила притяжения?

Сделаем еще шаг назад и снова возвратимся к рис. 21. Свинцовый шар D притягивает соседний шарик и заставляет его падать на свою поверхность со скоростью 1 миллиметра в первую секунду. При этом мы примем, что расстояние между обоими шарами—от середины одного до середины другого—равно 10 сантиметрам. Теперь давайте отодвинем шар D от шарика B на такую величину, чтобы расстояние увеличилось в два раза, т.-е. равнялось бы не 10, а 20 сантиметрам. То же самое мы сделаем и с шаром E для того, чтобы сохранить прежнее симметричное расположение. Явление падения, конечно, произойдет и при этом условии, но оно будет совершаться в четыре раза медленнее, т.-е. маленький шарик в первую секунду приблизится к большому шару только на $\frac{1}{4}$ миллиметра. При тройном расстоянии скорость падения будет в девять раз меньше и в первую секунду шарик сдвинется на $\frac{1}{9}$ миллиметра. Отсюда следует, что при двойном расстоянии притяжение уменьшается в четыре раза, при тройном—в девять раз. Если отметить, что 4 является квадратом 2 и 9—квадратом 3, то можно вывести следующее правило: сила притяжения уменьшается пропорционально квадрату расстояния.

Сопоставив последние выводы с полученными уже раньше, мы можем формулировать все изложенное следую-

щим образом. Все тела взаимно притягиваются. Сила, обусловливающая притяжения, находится в зависимости от массы и расстояния притягивающего тела. Она находится в прямом отношении к массе и в обратном отношении к квадрату расстояния.

Для того, чтобы подробно познакомиться с этим основным законом, мы попробуем представить силу притяжения в виде чертежа, и, таким образом, закон уменьшения силы с квадратом расстояния сделать более наглядным. Но берегитесь в нем видеть доказательство! Это чертеж не больше, как только способ для более легкого понимания этих положений.

Каждая вещественная или материальная точка тела проявляет свою силу тяготения равномерно во все стороны. Представим себе силу притяжения, выходящую из этой точки в виде лучей, распространяющихся от нее по всем направлениям, подобно тому, как световые лучи расходятся из одной светящейся точки равномерно во все стороны. Ясно, конечно, что действие притяжения будет сказываться только посредством лучей, которые встречаются с телом, а не тех, которые до него не доходят. Для понимания этого достаточно рис. 22. Тут представлена притягивающая точка A, на некотором расстоянии от нее квадрат B, подвергающийся притяжению. Итак, из точки A по всем направлениям исходят своеобразные, пустые силовые лучи, стремящиеся все, что встречается им на дороге, притягивать к своему исходному месту A. Тогда квадрат B получит совокупность

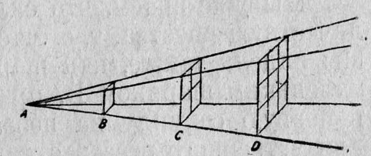


Рис. 22. Уменьшение действия силы с квадратом расстояния.

лучей, заключающихся в нарисованном пирамидовидном пучке лучей, вершина которого будет в точке A, а основанием служит самый квадрат. Если удалить квадрат на двойное расстояние, то для того, чтобы он смог принять на себя то же количество лучей, он должен быть в четыре раза больше первого. Если же не увеличивать площади квадрата и перенести его в положение C, то он получит только $\frac{1}{4}$ лучей и вследствие этого подвергнется меньшему притяжению. Рассуждая подобным же образом, мы увидим, что при удалении AD, которое будет в три раза больше AB, квадрат должен быть в девять раз больше, для того чтобы получить то же количество лучей. Наш квадрат в этом положении получит лишь $\frac{1}{9}$ часть лучей; отсюда ясно, что он будет притягиваться в девять раз слабее. Таким образом, притяжение точкой A квадрата B становится в четыре, девять, шестнадцать раз меньше, в зависимости от того, на какое расстояние мы его относим, на двойное, тройное или четверное.

Вышеупомянутые законы были открыты в 1700 году Исааком Ньютоном, одним из гениальных исследователей, которым человечество должно радоваться. Но Ньютон достиг своей цели не путем наших простых и мало доказательных рассуждений, которыми я должен был ограничиться, чтобы быть вам понятным, а путем размышлений основного порядка над сложными движениями звезд. В дальнейшем мы будем иметь случай вернуться к мыслям Ньютона.

Вы, конечно, зададите вопрос: для чего служат эти законы? В чем заключается заслуга Ньютона, открывшего их? Дорогие друзья, эти законы относятся к величайшим достижениям человечества, они об'ясняют строение мира, движение земли и небесных тел, сводя все сложнейшие явления звездного неба к задачам, разрешимым математическими науками.

Чтобы показать вам, чему эти законы нас научили, давайте воспользуемся ими для определения веса земли,—задача, которая полностью была разрешена Кавендишем. Я хочу положить землю на весы ньютоновских законов и определить ее массу так же точно, как если бы нам удалось в самом деле перенести огромный земной шар на чашки весов и определить его вес в килограммах.

Мы уже знаем, что сила тяготения пропорциональна количеству вещества, т.-е. массе или весу притягивающего тела. Мы видели также, как шар D (рис. 21), поставленный перед маленьким шариком B, притягивает его к себе и передвигает в первую секунду на небольшое расстояние. Шар двойного или четверного веса заставляет его двигаться в два, три или четыре раза скорее. Если я знаю вес первого шара то, конечно, смогу вычислить вес второго, при том условии, что мне дана скорость, с которой совершается падение маленького шарика. Таким образом, можно произвести сравнение весов, сравнивая различно проявленные действия притяжения, т.-е. различные пути, пройденные падающими телами в первую секунду; то тело, которое заставляет притягиваемый шарик пройти путь в два или десять раз больше, расстояние само будет вести в два, соответственно в десять раз больше.

Подобные рассуждения мы применим к земле. Чтобы определить, во сколько раз вес земли превышает вес данного свинцового шара, нужно только измерить расстояния, пройденные падающим шариком, под влиянием действия притяжения свинцового шара, а затем—под влиянием земли. Эти замечания нужно было сделать прежде чем мы приступим к повторению опыта, изображенного на рис. 21.

Ставим опять перед большими свинцовыми шарами, очень большого веса, шарики B и C. Расстояние от большого шара до маленького шарика,—измеренное от центра одного до центра другого,—пусть будет равно 1 метру. Тогда шарики тронутся с места и двинутся к соседним большим шарам. Пусть они в первую секунду пройдут расстояние в 1 миллиметр длиной. Мы сможем теперь определить, согласно предыдущим рассуждениям, то расстояние, которое пройдет маленький шарик при удалении от притягивающей массы не на 1 метр, а на расстояние, равное земному радиусу, т.-е. на 6.370.000 метров. Закон уменьшения силы притяжения с квадратом расстояния учит нас, что тогда шарик будет падать со скоростью 1 миллиметра, деленного на квадрат 6.370.000, т.-е. на 40.576.900.000.000.

Выполнение этого деления я охотно предоставляю вам! Но уже видно просто так, без выполнения самой операции деления, что если делимое равно 1 миллиметру, а делитель представляет огромное число, то частное должно быть чрезвычайно мало. Частное показывает длину пути, который пройдет шарик в первую секунду при удалении, равном радиусу земли, совершая падение на большой свинцовый шар. Мы уже знаем, что земля—центр, который нас здесь интересует, притягивает шарик в тех же самых условиях со скоростью 4,9 метра. Нам остается здесь только определить, сколько раз содержится найденная нами чрезвычайно малая величина скорости в 4,9 метрах и тогда мы будем знать, во сколько раз вес земли превышает вес свинцового шара. Согласно этим рассуждениям было найдено, что вес земли выражается цифрой 6 с 21-м нулем килограммов. Земля таким образом весит 6 триллионов тонн (каждая тонна = 1.000 килограммов). Из этого огромного веса и величины земли следует, что если бы все вещества земли: вода, камни, металлы—были перемешаны в однородную массу, то каждый кубический дециметр или метр весил бы 5½ килограммов. Это число называется **п л о т н о с т ь ю** земли и говорят, что плотность земли равна 5,5. Так как 1 метр воды точно весит 1 килограмм, то плотность какого-нибудь тела есть число, выражающее, во сколько раз оно тяжелее воды. Так, напр., плотность пробки — 0,2 алюминия — 2,9, железной руды—5, чистого железа—8, свинца—11. Один кубический дециметр этих веществ весит 0,2, 2,5, 5, 8 или 11 килограммов. Земля, таким образом, в среднем имеет такой вес, какой она должна была бы иметь, если бы состояла только из железной руды.

Работа кончена. Мы взвесили землю, взвесили же, правда, только мысленно, рычагом нашего разума, для которого даже земля не оказалась слишком тяжелой!

■■ ■■

ЧЕТВЕРТАЯ ЛЕКЦИЯ.

ВРАЩЕНИЕ ЗЕМЛИ ВОКРУГ ОСИ.

„Верх" и „низ" на земном шаре.—Суточное вращение неба.—Движение кажущееся и действительное.—Опыт Фуко с маятником.—Пассатные ветры.—Картина вращения земли для наблюдателя в небесном пространстве.

Совершенно свободно, без всякой точки опоры плывет наша земля в пространстве. Почему же она, несмотря на свою тяжесть, не падает? Попробуем решить этот вопрос.

Что вы видите над собой? Бесконечность, пространство, небо. Что же вы увидели бы на противоположном конце земли, находящемся сейчас под вашими ногами? Ту же бесконечность, то же небо. А вправо, влево? Небо, небо и опять небо. Действительно безграничное пространство, которое мы называем небом, окружает землю со всех сторон. Куда же, спрашивается, должна «упасть земля»? Что в небе является «верхом» и «низом»? Если «верхом» назвать ту часть неба, которая находится над нашими головами, так, ведь, и та часть неба, которая находится на противоположном конце земли, будет по отношению к нему тоже «верхом». И так везде. В небесном пространстве, таким образом, не существует «верха» и «низа», и для нас все, что находится вне земной поверхности, является лежащим наверху. Ведь перед вами никогда не вставал вопрос, почему земля не поднимается к небу; не спрашивайте же почему она не падает,—оба эти вопроса равнозначны. Падать—это значит приближаться к телу, которое в силу своего притяжения вызывает движение, называемое падением. И если бы в пространстве не находилось ни одного такого тела, сила притяжения которого достигала земли, то оно не могло бы упасть ни в каком направлении. В этом случае земля находилась бы все время в одной точке, в состоянии вечного покоя, или, наоборот, неслась бы в пространстве по прямой линии. Но если бы в небесных пространствах находилась звезда, сила притяжения которой действовала на землю, то она—как вы сами понимаете—должна была бы падать на данное небесное тело. И, действительно, земля все время падает, только не так, как вы думаете. Она падает на солнце, огромная масса которого беспрерывно, неутомимо ее притягивает. Тот факт, что, несмотря на это, расстояние земли от солнца не изменяется, мы поймем в дальнейшем.

Небесное пространство представляется нам полушарием, в котором мы занимаем середину и к которому, как в куполе, прикреплены звезды. И нам кажется, что этот небесный свод, с бесчисленными, как бы к нему прикрепленными, звездами, вращается вокруг земли, совершая свой полный оборот в 24 часа.

Но телескоп нас постепенно научил, что картина небесного свода есть не более, как иллюзия нашего глаза, и что там, где мы видим голубой небесный свод, во все стороны открывается безграничное свободное пространство. Посредством того же телескопа мы узнали, что солнце не есть маленький светящийся диск, а представляет собой тело, превосходящее нашу землю в огромном числе раз, и что маленькие звездочки являются небесными образованиями, равными или даже большими по величине и свету этому гиганту неба. И, наконец, тот же телескоп доказал нам, что не все небесные светила отстоят от нас на одинаковом расстоянии, как это видит глаз, а находятся на различных расстояниях, в бесконечно далеких глубинах пространства.

Тут у нас возникают сомнения. Неужели эта безграничность, с бесчисленными гигантскими звездными образованиями, вращается, как нечто целое, вокруг земли с востока на запад? Или же, может быть, наоборот, земля в 24 часа обращается вокруг своей оси в противоположном направлении? Ведь ясно, что если земля вращается с запада на восток, то небесные явления от этого не изменяются: звезды будут восходить на востоке и заходить на западе.

Вы все, вероятно, наблюдали, как во время езды по железной дороге нам кажется, что все наружные предметы—телеграфные столбы, дервья, кусты, дома — движутся в противоположном направлении. И если бы мы не чувствовали толчков поезда, не слышали шума катящихся колес, то иллюзия была бы полная. Отсюда мы можем заключить, что во всех тех случаях, когда имеется достаточно покойное движение в определенном направлении, мы более или менее теряем ощущение движения, и соседние, в действительности покойно стоящие предметы нам представляются движущимися в противоположном направлении.

Если земля действительно вращается около своей оси с запада на восток так, что мы движения не замечаем, то это должно происходить совершенно бесшумно, без сотрясения и толчков. Если это действительно имеет место, то движение небесного свода и звезд вокруг земли может быть обманом, иллюзией, полнее той, которой мы подвергаемся в движущемся поезде.

Ну, что же вращается—небо или земля? Если вы скажете, что земля, то непременно столкнетесь с трудностью, обусловленной следующим обстоятельством.

Как можно представить вращение земли, вес которой превосходит всякое представление? Какую же силу нужно приложить для того, чтобы привести в движение такую колоссальную машину со скоростью одного оборота в 24 часа? Какую бешеную скорость должны мы приложить, если части, лежащие на середине земной поверхности, на экваторе

и вращающиеся по окружности большого круга, пробегают в сутки 40 миллионов метров, или в одну секунду 400 метров! Это будет начальной скоростью пушечного снаряда. Со страшной быстротой, равной почти ½ километра в секунду, бегут друг за другом горы, равнины, моря, бегут по окружности! Не хватает мужества, чтобы поверить в такую скорость движения небесного гиганта! Если приложить все известные механические способы работы к одной цели—привести в движение земную массу,—эффект получится не больше, чем если бы муха своим крылом пыталась опрокинуть гору. Но для того, чтобы сообщить этой массе скорость, равную скорости орудийного снаряда, нужно было бы применить такую силу, которую наш разум никогда не сможет придумать.

Но, с другой стороны, к каким удивительным выводам мы должны прийти, приняв, что земной шар находится в покое! Если бы земля находилась в покое, то звезды должны были бы вращаться вокруг земли, совершая полный оборот в 24-часовой промежуток времени. Солнце, о котором мы подробно узнаем в следующей главе, представляет собою шар, который в миллион раз больше земли. Вы хотите оставить землю без движения только потому, что она слишком тяжела? Хорошо. Но имейте в виду, что солнце, в сравнении с которым наша земля не более, как жалкий кусочек грязи, должно нестись с необычайной скоростью, так как путь, который мы ему предписываем, длинен! Солнцу нужно пройти в 24 часа путь не более не менее как 900 миллионов километров! Но это еще ничего. Если бы ближайшая к нам звезда, которая не меньше нашего солнца, должна была бы вращаться вокруг земли, то ей потребовалось бы пройти в три раза больший путь уже в течение одной секунды. Другие более удаленные светила в то же самое время должны были бы совершить пути в сто или тысячу раз большие—кружится голова, когда представляешь себе эти немыслимые скорости! Итак, наша предпосылка противоречит здравому смыслу; она находится в противоречии и с общим мирозданием, которое позволяет подметить некоторую экономию и которое никогда ни на земле, ни в небесном пространстве не расточает вещество и движение понапрасну. Не подлежит никакому сомнению, что из этих двух рассмотренных движений в действительности имеет место то, которое наиболее вероятно, именно движение земли!

Несмотря на огромную скорость, движение земли происходит настолько плавно, что мы его вообще не замечаем и даже не подозреваем о его существовании. Мы движемся вместе с окружающими нас предметами, находим их всегда на том же самом месте и из этого постоянства делаем слишком быстрое заключение о неподвижности земли. Но, путем

Ай батюшка держи меня за kalson перевод (кальсоны)

некоторых гениальных опытов, мы узнаем, что земля под нашими ногами все-таки движется.

Подвесим на одном конце такой нити свинцовый шар. Другой свободный конец этой нити мы закрепляем, положим, в точке A (рис. 23). После нескольких колебаний нить успокаивается и устанавливается, как вы знаете, в вертикальном положении AB. Теперь давайте приведем шар в положение C, а затем отпустим, и если бы нить его не держала, он стал бы падать по отвесной линии. Но в действительности шар будет двигаться по дуге CD, середина которой совпадает с точкой отвеса. Он проходит эту точку и описывает дугу до точки D. Достигнув D, он возвращается опять через точку B в точку C. Это качание продолжается до тех пор, пока сопротивление воздуха постепенно не прекратит движения. Чем тщательнее шар подвешен и чем он тяжелее, тем дольше будет продолжаться качание.

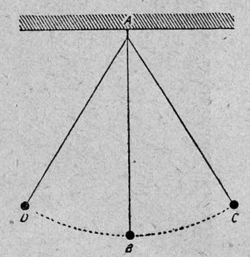


Рис. 23. Колебания маятника.

Каждое отдельное качание от C до D или, наоборот, от D до C называется **колебанием**, а весь этот прибор, т.-е. шар вместе с нитью,—**маятником**. Колебания маятника обусловливаются той же силой, которая заставляет каждое, неприкрепленное тело падать, т.-е. силой земного тяготения. Колебания маятника, таким образом, образуют особый вид падения, когда нормальное движение падающего тела измеряется связывающей его нитью. Шар скользит попеременно, то слева направо, то справа налево, по некоторой мыслимой дуге, не изменяя своего пути, каким-нибудь иным образом. По мере того, как движение ослабевает, дуга его пути уменьшается, но шар никогда не изменит ранее принятого им направления. Если бы колебания продолжались—что, конечно, невозможно — в течение нескольких месяцев или лет, — то направление пути маятника осталось бы неизменным, при том условии, что никакие внешние причины ему не помешают. Дуга колебания маятника, таким образом, постоянно сохраняет свое первоначальное направление, так как в самом приборе не заключается никакого момента, способного вызвать отклонение шара в том или другом смысле.

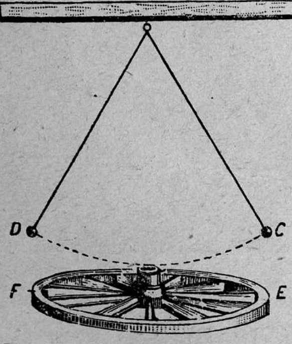


Рис. 24. Колебания маятника над вращающимся колесом.

Теперь давайте положим обыкновенное колесо (рис. 24) и закрепим его под качающимся маятником, как это показано

на рис. 24. Дуга колебания маятника CD будет иметь определенное направление, соответствующее точкам E и F на колесе,—направление, которое мы точно отметим. Если колесо неподвижно, то при сохранении направления дуги CD маят-

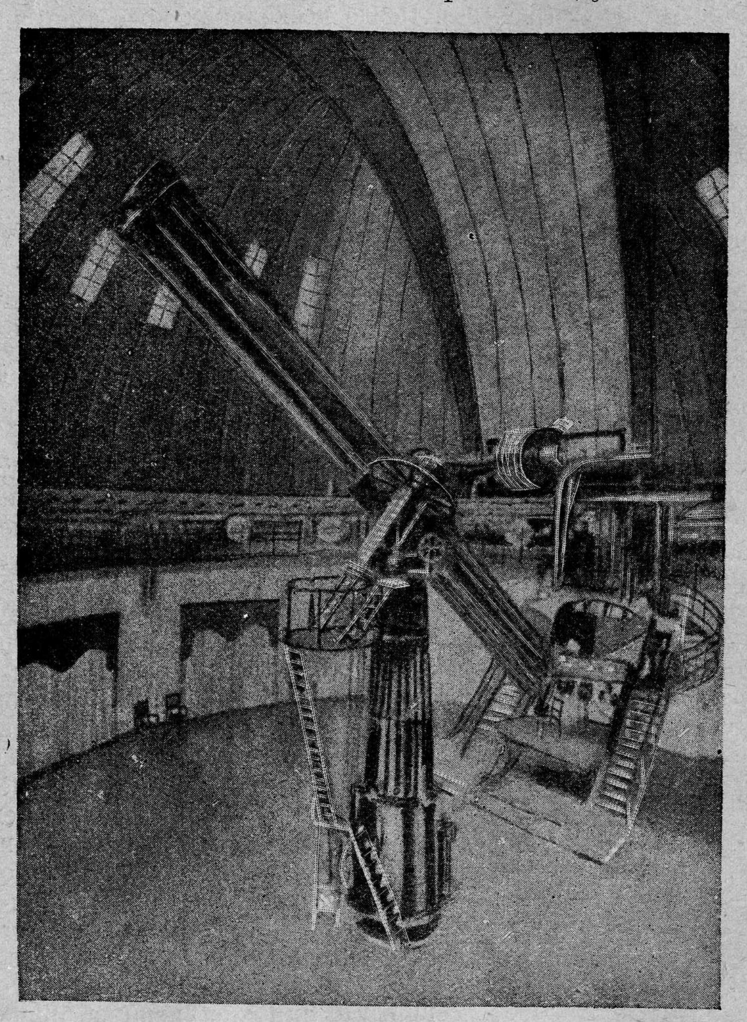


Рис. 24а. Самая большая фотографическая астрономическая труба в мире, большой рефрактор астрономической обсерватории в Потсдаме.

ник в своих крайних положениях все время будет соответствовать точкам E и F. Но если колесо начнет вращаться вокруг своей оси, то E и F оставят свои первоначальные места, которые будут заняты новыми точками. Нет ничего

проще этого. Но что получится в том случае, если каким-нибудь образом скрыть от нас вращение колеса? Как при движении поезда получается впечатление противоположного движения деревьев и т. п., мы стали бы в этом случае думать, что видим на самом деле неподвижную дугу колебания маятника, вращающейся и изменяющей свое положение и заметили бы, что маятник качается над различными точками колеса, кажущегося нам неподвижным. Если бы колесо вращалось справа налево, дуга колебания проходила бы слева направо, и наоборот.

Представим теперь себе длинный маятник, подвешенный на потолке большого зала, и вместо маленького свинцового шара — шар весом в несколько центнеров. В этом случае маятник будет качаться величественно, медленно вдоль одной из стен зала взад и вперед. Но неужели мы ошибаемся? Через четверть часа направление колебания заметно изменилось: он колеблется уже не вдоль стены, а поперек, и направление дуги колебания как бы переместилось с востока на запад. Неужели дуга на самом деле изменила свое направление? Нет ведь вы отлично знаете, что она измениться не может. Это пол изменил свое положение: он вследствие вращения земли движется с запада на восток, и мы стали жертвой иллюзии. Это доказательство вращения земли известно под названием опыта с маятником Фуко, по имени французского физика Фуко, который впервые в 1852 году произвел этот опыт в одной парижской церкви (рис. 25).

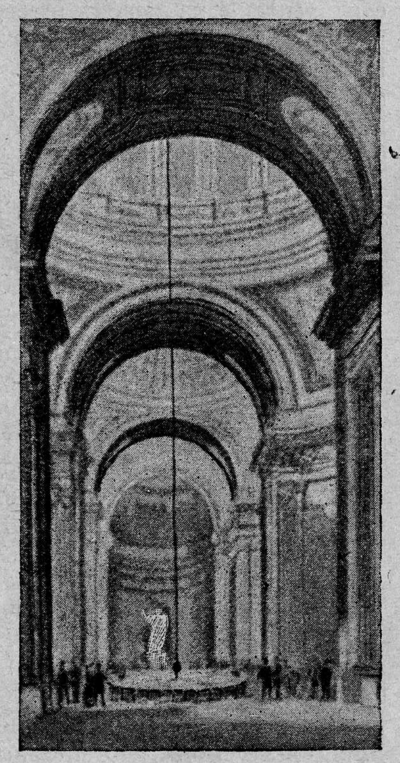


Рис. 25. Опыт Фуко с маятником в Парижском Пантеоне (1852).

Еще одно в высшей степени замечательное доказательство вращения земли около оси дают нам так называемые пассатные ветры. Под этим именем известны ветры, дующие в течение круглого года в области экватора с востока на запад. Спутниками Колумба, первыми мореплавателями, осмелившимися переплыть Атлантический океан, с ужасом были замечены длинные тучевые полосы, из которых по-

стоянный ветер как бы вил веревку. Неумолимое упорство восточного ветра настолько наполнило их души страхом и ужасом перед неизвестным, что они стали сомневаться в возможности когда-нибудь снова увидать свою родину.

Сообщение путешественников об этом единственном в своем роде постоянстве пассатных ветров уже само по себе является доказательством вращения земли около ее собственной оси. Постараемся это получше об'яснить.

Экваториальные области являются самыми жаркими странами на земле. От экватора по направлению к удаленнейшим точкам земли—полюсам—температура обоих полушарий постепенно убывает. Теплый, тем самым значит самый легкий воздух экваториальных стран поднимается и попадает в высшие атмосферные слои. Одновременно с этим его место занимает холодный, т.-е. тяжелый воздух, который притекает с севера и юга. Следовательно, при условии неподвижности земли, мы имели бы в странах, лежащих на экваторе, постоянные ветры, дующие с севера на юг в северном полушарии и с юга на север—в южном. Но, вследствие вращения земли с запада на восток, направление этих постоянных ветров изменяется. Прежде всего то, что холодный воздух, движущийся к экватору, приносит с собой определенную скорость вращения. Ведь вместе с землей вращается и ее атмосфера, и с такой именно скоростью, которой обладает находящаяся под ней почва. Эта скорость в разных частях земли различна, потому что круги, которые описываются различными толчками земли, не везде имеют одинаковую широту. На экваторе они самые большие, а затем по направлению полюсов они постепенно уменьшаются, а на самых полюсах их диаметр равен нулю. Таким образом, холодный воздух, обладающий малой скоростью, движется к экватору, где сильно отстает в скорости от движения земли. Так как последняя вращается с запада на восток, то холодный воздух, попадая в области с большей широтой, вызывает такое действие, причиной которого мог бы быть воздух, двигающийся с востока на запад при том условии, что земля находится в покое. Постоянное дуновение пассатных ветров есть не что иное, как вихрь, вызванный огромной скоростью вращения земли под воздушными массами, упрямо притекающими из обоих полушарий и не поспевающими в своем движении за почвой экваториальных стран (рис. 26).

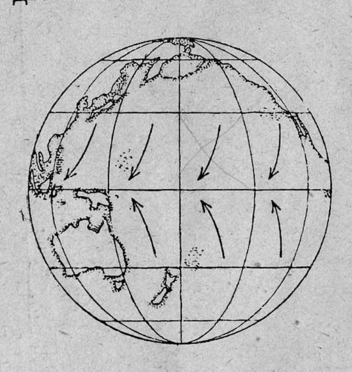


Рис. 26. Образование пассатных ветров.

В качестве основания, которое можно привести в пользу вращения земли, говорит и то, что наблюдение в телескоп обнаруживает подобное же вращение многих небесных тел, как, напр., солнца, луны и планет,—вращение, на котором мы впоследствии тоже подробно остановимся. На рис. 120 в таблице VII показаны два разных момента вращения планет Марса и Юпитера, которые нас, конечно, сильнее заинтересуют в дальнейшем, после того, как познакомимся с положением земли в пространстве и окружающей землю частью вселенной.

Попробуем, хотя бы мысленно, представить себе суточное вращение земли!

Пройдет несколько часов или минут, и то место мирового пространства, которое мы в настоящий момент занимаем, займут новые народы. Появятся моря, широкие равнины, чтобы занять наше место, и завтра, в этот же самый час, мы возвратимся на то же самое место. Через несколько часов покажется море, затем прервется на мгновение островами Англии. Потом покажется мрачный Атлантический океан и мощный рокот его бурных вод заменит собой размеренные шумы фабричных станков и машин. Может быть на этом самом месте будет плыть на полных парах военный корабль, со свирепо направленными пушками, извергая из труб своих клубы дыма.

Затем море пропадет. Покажется Северная Америка с озерами Канады, бесконечными прериями, где краснокожие индейцы охотятся на буйволов. Снова затем появится море, но значительно большее, чем Атлантический океан, так как мы смогли бы его наблюдать в течение семи часов. Но что означает эта полоска островов на севере, где закутанные в меха рыбаки сушат свою рыбу? Это Курильские острова на юге от Камчатки. Они быстро пролетают мимо, едва мы успеваем бросить на них беглый взгляд.

Япония, Китай, Монголия—страны желтой расы—проходят мимо. Сколько редких вещей можно видеть! Но земля не останавливается, она вращается дальше—и китайские берега уже далеко. Их место занимают песчаные пустыни центральной Азии и горы выше облаков. Затем—пастбища татар, степи Каспийского моря, населенные киргизами и курносыми казаками. Потом опять заступает место Европа, южная Россия, Австрия и, наконец, Германия, наша родина и исходная точка нашего кругосветного путешествия.

Земля совершила полный оборот. Только мысленно мы могли следовать за ее головокружительным бегом. Даже воздушный корабль не мог бы так быстро совершить путешествия, которое мы только что с вами себе представили. Ведь мы знаем, что атмосфера принимает участие во вращении

земли. Никакой, следовательно, корабль, никакой самолет не даст нам возможность действительно насладиться зрелищем в том об'еме, как это мы сделали в своем представлении!

■■ ■■

ПЯТАЯ ЛЕКЦИЯ.

ВЛИЯНИЕ ВРАЩЕНИЯ НА ФОРМУ ЗЕМЛИ.

Полюсы, экватор и параллели земли.—Сплюснутость земли у полюсов.—Центробежная сила и ее действие.—Капля масла, плавающая в жидкости, как картина земли, когда она находилась в жидком состоянии.—Действие слишком быстрого или соответственно замедленного вращения земли.

Вращение земли можно себе легко представить на наглядном примере с апельсином, насаженным на длинную иглу. Тогда игла, проходящая через плод, будет осью, а те места, где игла пронизывает кожу,—полюсами шара. Для того, чтобы облегчить себе понимание, мы предположим, что и земной шар проткнут, как и апельсин, иглой, вокруг которой он и совершает свой суточный оборот. Эта мысленная игла называется, как и действительная в апельсине, осью, и места, где она пересекает поверхность,—полюсами земного шара.

Возвратимся опять к нашему апельсину и заставим его вращаться вокруг иглы. Каждая точка, лежащая на его поверхности, при этом будет описывать круги, которые перпендикулярны к игле и будут то больше, то меньше, смотря по тому, где находится данная точка, ближе к экватору или полюсам. На самых полюсах круг сокращается и превращается в точку. Чем дальше мы отходим от полюсов и приближаемся к середине, тем все больше и больше становятся круги. И здесь, на равном расстоянии от полюсов, круг будет наибольшим.

Эти рассуждения слово в слово можно применить к земле. Различные земные толчки ее поверхности вращаются вокруг оси по различным окружностям. Из всех кругов наибольший круг пробегают те точки, которые лежат на равных расстояниях от обоих полюсов, и этот круг называется равноденственным кругом или экватором, а остальные, описывающие меньшие круги, — параллельными кругами или просто параллелями. Они будут тем меньше, чем ближе их расстояние от того или другого полюса.

Для лучшего понимания этих явлений давайте представим себе, что эти различные круги, которые получаются в результате кругового движения точек земной поверхности, действительно нанесены на земле (рис. 26). Экватор будет наибольшим кругом, отстоящим от полюсов на равном расстоянии. Он делит землю на две части—на северное и южное полушарие. Количество параллелей—кругов параллельных экватору—бесконечно велико: их можно себе представить столько, сколько желаешь. Общим свойством параллелей, также как и экватора, является их перпендикулярное положение по отношению к оси, на месте пересечения с которой у них будет находиться центр.

До сих пор мы рассматривали землю, как правильный шар. Это не совсем верно. Точные измерения показали, что земля у экватора имеет небольшое утолщение, а у полюсов сдавлена так, что радиус земли у экватора больше радиуса у полюса на 21 километр. Если эту разницу представить на шаре с радиусом в 2 метра, то оба радиуса будут различаться всего на 7 миллиметров, т.-е. на величину для глаза совершенно незаметную. Следовательно, экваториальная припухлость и приплюснутость у полюсов земли почти что совсем не отражаются на ее форме. Эту незначительную неправильность формы можно об'яснить вращением земли вокруг ее оси. На нескольких простых примерах мы это ясно поймем.

На конце веревки вы прикрепляете стакан, наполовину наполненный водой, и начинаете его вращать рукой, как пращу (рис. 27). Во время вращения стакан опрокидывается или более или менее наклоняется. Если он при этом вращается достаточно быстро, то, несмотря на свое опрокинутое или наклонное положение, не теряет ни единой капли воды. Наоборот, вся вода собирается на дне, как будто какая-то сила ее придавливает ко дну. Вращение таким образом удерживает воду в опрокинутом стакане и прижимает ее ко дну.

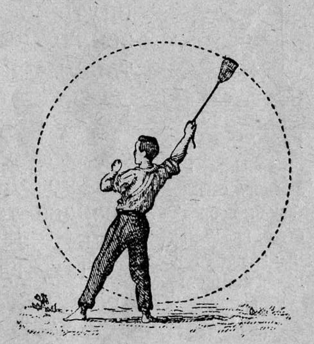


Рис. 27. Обнаруживание центробежной силы.

Привяжите теперь камень к нитке и начните ее быстро вращать. Разве вы не чувствуете, как нить постепенно натягивается и чем быстрее вы крутите, тем больше становится натяжение? Ускорьте еще больше движение—только смотрите, чтобы никого не было поблизости: нить разрывается и камень далеко улетает. Таким образом, при вращении камень обнаруживал стремление вырваться из рук, т.-е. из центра своего вращательного движения. Когда это стремление достигло определенной силы, слишком натянутая нить разорвалась. Итак, каждое крутящееся или вращающееся тело обнаруживает стремление удалить свои части от точки, вокруг которой происходит вращение. Эту силу, образующуюся при вращении, называют центробежной силой. Она тем больше, чем быстрее вращается тело. Значит,

эта центробежная сила прижимает воду ко дну вращающегося стакана и, несмотря на его опрокинутое положение, не позволяет ей выливаться. Та же центробежная сила разрывает натянутую камнем нить.

Центробежная сила изменяет форму шара, вращающегося вокруг оси; она сплющивает его на полюсах и утолщает у экватора. При этом мы должны принять, как это само собой разумеется, что шар должен быть достаточно мягок для того, чтобы вращательное движение могло его в одно и то же время сдавить и утолщить.

Для наглядности можно произвести следующий опыт. Если лить масло на воду, то, как известно, масло будет плавать на поверхности; в спирту оно опускается на дно. Масло легче воды и тяжелее спирта. При смешивании определенных количеств воды и спирта, можно получить такую жидкость, в которой масло не будет тонуть или плавать на поверхности, а будет держаться в середине жидкости и соберется в шар, величиной с вишню. Этот масляный шар, который покойно плавает внутри жидкости, представляет нам гигантскую землю, парящую в небесном пространстве. Проткнем теперь этот шар иглой, которая при этом должна быстро, но ровно вращаться. Игла, вследствие трения, понемногу стягивает около себя масляный шар и сообщает ему вращательное движение, как если бы он представлял твердое тело. Если продолжить опыт, то скоро станет заметно, что шар сплющивается в тех местах, где через него проходит игла, следовательно на полюсах, и утолщается в своей средней части—экваторе (рис. 28). Это сплющивание на полюсах и утолщение на экваторе будет тем заметнее, чем быстрее происходит вращение.

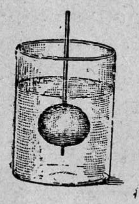


Рис. 28. Иллюстрирование полюсного сжатия земли посредством вращения плавающего в воде масляного шара.

Изменения, которые претерпевает жидкий шар, вращающийся вокруг своей оси, об'яснить не трудно. В самом деле, ведь точки, лежащие на экваторе, движутся с наибольшей быстротой, так как они описывают наибольшие круги; точки полюсов, напротив, неподвижны. В первом случае центробежная сила достигает своего наибольшего значения, в последнем она равна нулю. Поэтому все точки, лежащие на экваторе, под влиянием центробежной силы, удаляются от оси настолько далеко, насколько это позволяет вязкость данного вещества.

Но современная земля представляет в общем твердое тело и, следовательно, сплющиться она должна была в одном из ранних периодов своего развития. Точные исследования земной коры действительно показали, что наша планета прежде находилась в огненно-жидком состоянии. Затем, в

течение многих миллионов лет остывания и затвердевания, она сохранила форму, приданную ей центробежной силой. Внимательное изучение земли действительно показало, что массивные скалы, которые являются основанием наших материков, когда-то находились в жидком состоянии, подобно руде в плавильной печи, и горы, несмотря на то, что они поднимаются под облака, когда-то были лишь частью одного океана из расплавленных каменных масс. Центробежная сила и теперь еще оказывает действие на жидкие части земной поверхности—моря и океаны. Они обнаруживают понижение уровня на полюсах и повышение на всем протяжении экватора.

Центробежная сила стремится удалить тела с земной поверхности; сила тяготения, наоборот, старается удержать их на месте. Таким образом, между этими двумя силами происходит беспрерывная борьба. Но так как сила тяготения больше, то тела не выбрасываются с земной поверхности и, несмотря на вращение, остаются в покое. Но центробежная сила может стать равной или даже больше силы тяготения, если ускорить вращение земли—ведь мы знаем, что центробежная сила увеличивается вместе с увеличением скорости вращения.

Можно вычислить, что для того, чтобы центробежная сила стала равной силе тяготения на экваторе, где вращение происходит с наибольшей быстротой, требуется ускорить вращение земли в 17 раз, т.-е. земля должна делать полный оборот не в 24 часа, а в 1 час 25 минут. При этих условиях камень будет притягиваться землей и отталкиваться от нее центробежной силой с одинаковой силой и, будучи поднят с земли, он не стал бы падать обратно, а оставался бы свободно висеть в воздухе. Воды перестали бы течь и опрокинутый сосуд с водой не потерял бы ни единой капли жидкости; короче говоря, все тела лишились бы веса.

Постараемся еще ближе представить себе мир, где центробежная сила уничтожила силу тяготения. Такое положение вам, вероятно, понравится. Вам вспоминаются рассказы о великанах, которые с легкостью опрокидывают горы, и о сказочных героях, совершающих головоломные прыжки.

Но не забудьте также о морях, которые, вследствие чрезмерной центробежной силы, ринутся на материки и затопят их; подумайте о том, что реки не будут повиноваться уклону местности и перестанут течь. Примите во внимание, что облака перестанут снабжать нас благодатными дождями, ибо падение дождя сделается невозможным,—что наши дома, при малейшем дуновении ветра, подобно пушинке, поднимутся в воздух; что, наконец, мы сами сделаемся жалкой игрушкой ветра: он будет бросать нас по воздуху, то туда, то сюда,—нас, лишенных всякой опоры. !!!

(господи помилуй и пожалей!!!

Верю, верю. Main liebe kind Фабр!

Поверьте мне, что сила тяжести—вес—есть, поистине, нечто замечательное! Правда, она делает нас неуклюжими и всегда является виновницей ушибов при падениях, а иногда, по ее же вине, получаем тяжелые повреждения, но, с другой стороны, именно благодаря тяжести мы имеем опору, без которой наша жизнь была бы совершенно невозможна.

Предположим теперь, что земля стала вращаться еще быстрее и совершает свой полный оборот в 1 час или еще меньше; то в этом случае центробежная сила получит преобладание над силой тяжести, и все земное будет обречено на уничтожение. Воздух, разорванный на клочки, сгинет в пространстве. Море последует за ним; его воды, больше не управляемые силой тяжести, будут перекатываться с вершин одного материка на другой и оттуда ринутся, бурля, в мировые пространства. Все, что находится на расшатавшейся почве: камни, растения, звери,—все, что не имеет глубоких корней в твердой скалистой земной основе, улетит навсегда в пространство, будет как бы выброшено из пращи неведомого великана; ничего больше не останется от прежней земли, как только голый скалистый скелет, от которого центробежная сила не будет в состоянии ничего больше оторвать. Вы, конечно, не раз видели, как отлетают куски грязи с колес повозки, быстро едущей по грязной дороге. То же самое случается и со всеми предметами, находящимися на земной поверхности, в том случае, если земля начнет вращаться со скоростью одного оборота в 1 час или еще скорее.

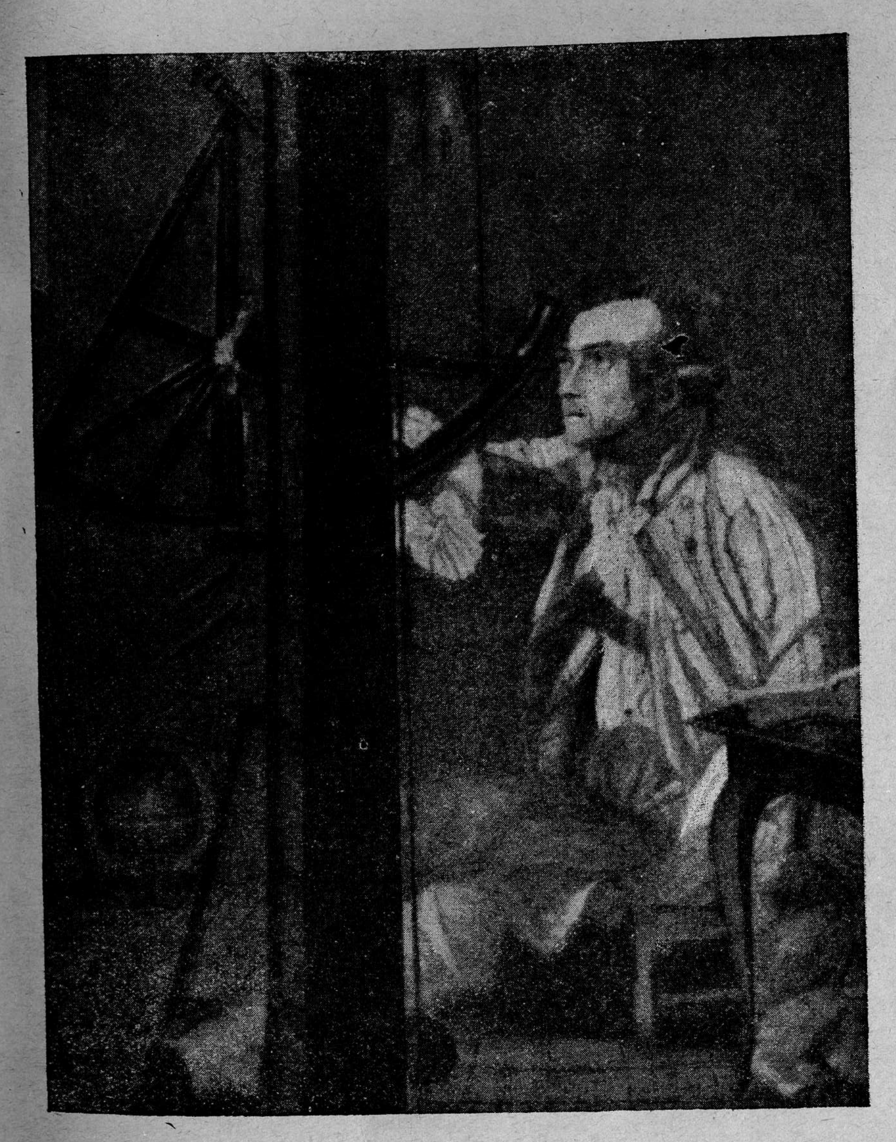
Последствия постепенного замедления вращения земли будут не менее ужасны. Прежде всего, вода с экватора, где она стоит выше, чем в других местах, хлынет к полюсам и в своем стремительном потоке затопит огромную часть наших материков. При замедленном вращении земли увеличится продолжительность дня и ночи, отчего климат стран резко изменится, что явится огромной опасностью для всего живущего. Если бы земля совсем остановилась в своем вращении, то тогда смена дня и ночи вызывалась бы лишь годовым движением земли вокруг солнца и происходила бы, значит, только через год. Шестимесячный день и лето сменялось бы шестимесячной ночью, с зимней стужей—нет сомнения, что с прекращением вращения земли прекратилась бы ее роль, как обитаемого небесного тела.

Погибнет ли когда-нибудь человечество, вследствие чрезмерной скорости или, наоборот, вследствие полной остановки вращения нашей планеты? Мы этого не знаем. Но для вашего успокоения я приведу следующий пример.

Если мы бросим круглый камень по поверхности замерзшего пруда, то он далеко покатится; кажется, что его ничто не задерживает. На гладкой зеркальной поверхности льда брошенное тело не встречает такого сопротивления, как, на-

Freund! (прекрасный друг) я

Таблица 2.



Астрономические измерительные приборы на обсерватории около 1780 года.

пример, на улице; будучи брошено с той же силой, как и на улице, на льду оно пробегает значительно большее расстояние. В конце концов, оно все-таки останавливается по той причине, что даже на полированной поверхности льда встречаются препятствия, которые постепенно уничтожают силу, давшую ему движение. Этими препятствиями являются: трение камня о лед и сопротивление воздуха, который он рассекает. Если бы этого не было, камень свободно перекатился бы через самое большое озеро.

Или давайте возьмем в качестве примера такой предмет, который больше похож на землю, напр. обыкновенное колесо. Подвесим его за ось и рукой приведем в движение. Раз, два, три, и колесо завертелось! Сколько же оборотов сделает колесо после того, как мы его перестали толкать? Ясно, что в одном случае—больше, в другом—меньше, в зависимости от тех препятствий, которые встретит его движение—сопротивления воздуха и трения об ось. Если ось хорошо смазана, колесо свободно может совершить очень большое число оборотов; если же ось шероховата, заржавлена, так что колесо при вращении скрипит,—оно скоро остановится. Отсюда ясно, что без влияния тормозящей движение внешней причины колесо могло бы вращаться с постоянной скоростью бесконечно долго. Так и брошенный камень, если бы ему не мешала сила тяготения земли, вечно двигался бы по тому направлению, по которому он был брошен.

Итак, повторим еще раз: всякое тело лишено способности самостоятельно изменять сообщенное ему движение. Если оно брошено, оно должно лететь по прямой линии; если же тело приведено во вращательное движение вокруг какой-нибудь оси, оно, при отсутствии посторонних влияний, должно сохранить свое движение, не ускоряя и не замедляя его. Итак, мы можем считать землю в этом отношении похожей на вращающееся колесо, только с той разницей, что земля не встречает никакого сопротивления, способного ослабить ее вращение. Ведь земная ось не является настоящим железным стержнем, а существует только в нашем представлении, как мыслимая ось, по гладкости ни с чем несравнимая! Ей не нужно преодолевать сопротивления воздуха или какого-нибудь другого вещества, ибо воздух—атмосфера—представляет часть земли и вращается вместе с ней. В мировом пространстве, в котором движется этот огромный шар, кроме воздушной оболочки, не имеется никакого вещества, способного задержать движение.

При отсутствии сопротивления земля должна была сохранить, в течение многих столетий, раз сообщенное ей движение. Если заглянуть в историю и сравнить те астрономические наблюдения, которые были произведены 2.500 лет тому назад, с нашими нынешними данными, то окажется,

что земля не изменила скорости своего вращения ни на одну десятую секунды. Так же, как сегодня, вращалась земля и в давно прошедшие времена, когда азиатские пастухи пасли свои стада и ночью следили за движением неба. По всей вероятности, она будет так же вращаться еще многие тысячи лет.

■■ ■■

ШЕСТАЯ ЛЕКЦИЯ.

ПОЛЮСЫ НЕБА И ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ШИРОТА.

Полюсы неба и их положение среди звезд.—Нахождение стран света по Полярной звезде и компасу.—Высота и зенитное расстояние.—Высота и географическая широта.

Муравей, покойно сидящий на большом вращающемся колесе, мог бы думать, если бы его маленькая головка была на это способна, что он не движется, если его место относительно других точек колеса не изменяется. Но предметы, лежащие вне колеса, описывали бы перед его взглядом круговые линии в противоположном направлении, за исключением предметов, видимых на протяжении оси колеса, которые ему бы казались неподвижными. В этом случае обманутый зверек видел бы действительную ось колеса, как кажущуюся ось вращения внешнего для него шара.

Подобным образом представляется нам, маленьким существам земли, движение огромной машины мира. Мы думаем, что находимся в покое и видим пространство вращающимся вокруг нас с востока на запад. Так, нам кажется, что каждая точка неба описывает окружность вокруг земной оси, за исключением двух точек, соответствующих точкам пересечения мысленно продолженной оси с кажущимся небесным сводом, которые остаются неподвижными. Обе эти точки называются **полюсами неба**, лежат как раз напротив соответствующих полюсов земли.

Это наблюдение дает нам в руки способ найти в огромном пространстве направление земной оси, несмотря на то, что эта ось существует только, как мыслимая линия и, конечно, невидима. Для этого нужно найти на небе такую звезду, которая не меняет своего места или, по крайней мере, описывает наименьший круг. В центре этого наименьшего круга и должен находиться полюс неба. На него указывает земная ось. Подобное же наблюдение на противоположной стороне земли познакомит нас с другим полюсом неба, который в северном полушарии, вследствие выпуклости земли, невидим.

Из всех звезд ближе всего к нашему полюсу неба стоит **Полярная звезда**. Она не абсолютно неподвижна, но описывает вокруг полюса очень незначительную окружность.

Для того, чтобы найти Полярную звезду, поступают следующим образом. В ясную ночь надо встать так, чтобы та часть горизонта, где зашло солнце, приходилась слева. Тогда открывается вид на группу звезд на небе, называемую **Большой Медведицей**. Это созвездие состоит из четырех ярких звезд, расположенных в виде продолговатого четырех-

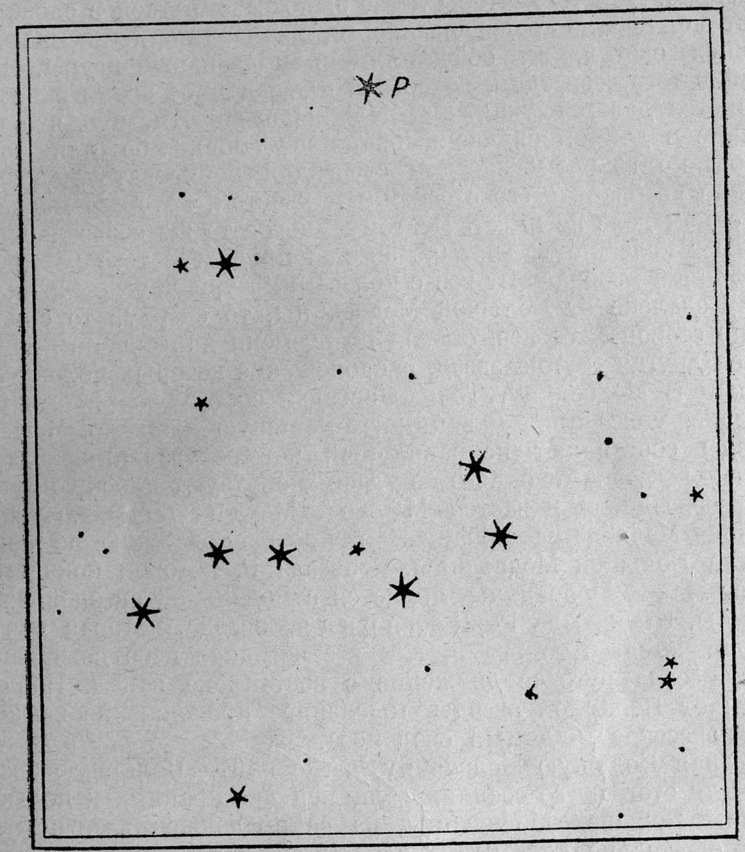


Рис. 29. Большая и Малая Медведица вместе с Полярной звездой. (Представленное здесь положение Полярной звезды **под** Большой Медведицей имеет место по вечерам от октября до января месяца).

угольника и из трех других, идущих в неправильном порядке от одного из углов этого четырехугольника. Большая Медведица обращает на себя внимание своей яркостью, величиной и простой, удобной для запоминания формой, так как в той части неба, где она находится, имеются только мало яркие звезды. Вследствие своей близости к полюсу, Большая Медведица видна в продолжение всей ночи. При вра-

щении небесного свода, это созвездие появляется то выше, то ниже на небе, но в наших широтах никогда не заходит за горизонт.

Вид этого созвездия изображен на рис. 29. Четыре звезды изображают туловище медведя, три других—его хвост. Как вы видите, название созвездия выбрано совершенно произвольно. Для того, чтобы легче было разбираться в сложной картине неба, народы древности, изучавшие движение небесных светил, их об'единяли в подобные фигуры. Название того созвездия, которыми мы в данное время заняты, является делом случая. Мы должны здесь отметить, что название в данном случае выбрано неудачно, ибо для того, чтобы по главным звездам созвездия нарисовать медведя, нужно изобразить его с огромным хвостом, которого медведь на самом деле не имеет. Поэтому многие то же созвездие называют колесницей—четыре звезды продолговатого четырехугольника изображают воз с колесами, а три другие—дышло.

Недалеко от Большой Медведицы, то сверху, то снизу, то по сторонам от нее, смотря по времени наблюдения, находится другая группа звезд, расположение которых похоже на Большую Медведицу. Только звезды, составляющие это созвездие, менее ярки и занимают меньшую площадь. Четыре звезды составляют неправильный четырехугольник, а три другие выходят от одного из углов и образуют плоскую дугу. Это созвездие называется Малой Медведицей. Хвост Малой Медведицы обращен в противоположную сторону хвоста Большой Медведицы, и звезда Р, которой кончается хвост Малой Медведицы, является самой яркой звездой всей группы. Эта звезда Р—Полярная, звезда, которая почти не движется, в то время, как все звездное небо совершает кажущееся круговое движение с востока на запад. Поблизости от Полярной звезды мысленное продолжение земной оси пересекает видимый свод неба.

Зная Большую Медведицу, легко найти Полярную звезду. Для этого надо соединить линией две крайних к полюсу звезды Большой Медведицы, на ее продолжении отложить приблизительно пять таких же линий и тогда конец этой прямой укажет довольно точно на Полярную звезду. Чтобы при этом не было ошибки, надо затем проверить положение найденной звезды—последняя должна находиться на конце хвоста созвездия, сходного с Большой Медведицей, хвоста, который обращен в противоположную сторону. Каждый из вас, если только он является счастливым обладателем фотографического аппарата, может вечером, при ясной погоде, сделать один очень интересный опыт. Вы должны в один из безлунных вечеров установить фокус аппарата по отдаленному фонарю, зарядить его светочувствительной пластинкой, направить на Полярную звезду и оставить в таком положе-

нии от 1 до 2 или больше часов. Полученное при этом изображение (рис. 30) будет в высшей степени интересно и поучительно в одно и тоже время. Вследствие вращения земли, все звезды опишут на пластинке вокруг полюса бо́льшие или меньшие дуги, в зависимости от их степени удаленности от полюса. Полярная звезда оставит самый заметный след. Но из рис. 30 видно, что ее положение не совсем совпадает с полюсом, а находится от него на незначительном, но все же заметном, расстоянии и описывает поэтому очень небольшую дугу. На противоположном южном полюсе нет подобной заметной звезды. Созвездие, внутри которого находится второй

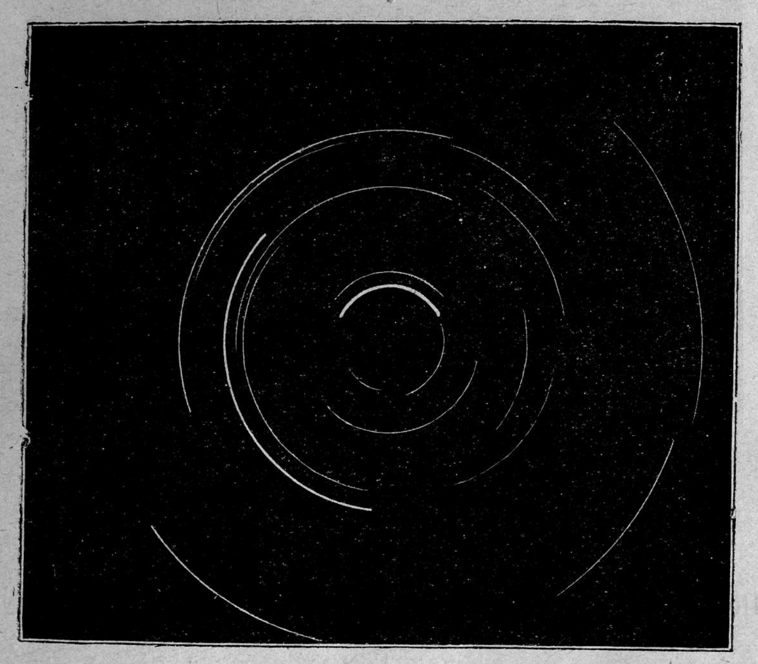


Рис. 30. Фотографические следы звезд около северного полюса неба. (Восьмичасовая с'емка; самый короткий и заметный след от Полярной звезды).

полюс неба, называется Октантом, но нам не имеет смысла подробно заниматься этой частью неба, которую большинство из нас вероятно никогда не увидит.

Положением земной оси и кажущимся движением звезд определяются четыре основных направления: север, юг, восток и запад. Земная ось имеет направление с севера на юг, а кажущееся движение звезд совершается с востока на запад. Ориентироваться на земле—значит, прежде всего, определить свое место по отношению к четырем странам света. Для того, чтобы найти их днем; надо встать лицом к восходу

солнца; прямо будет восток, сзади останется запад, направ —юг, налево—север. Можно встать и против захода солнца. В этом случае запад—впереди, восток—сзади, юг—налево и

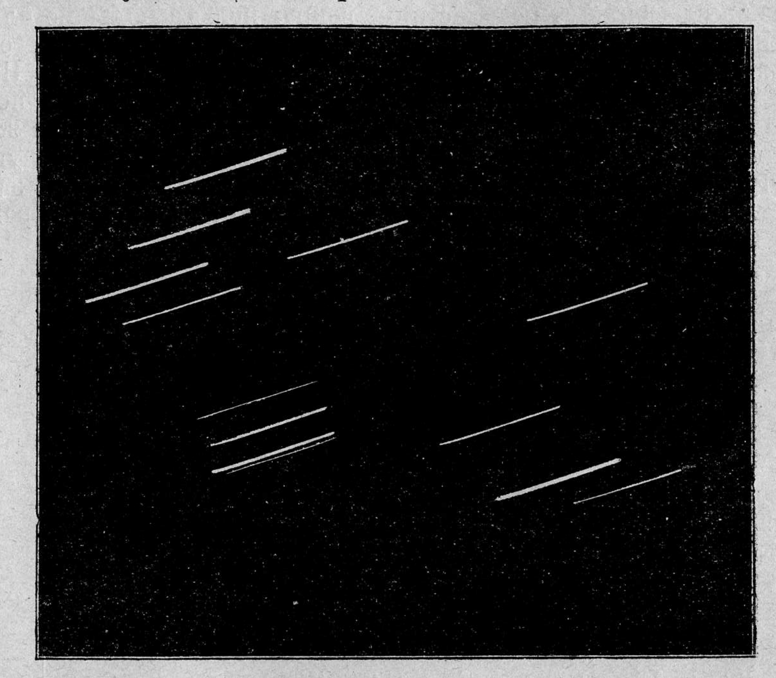


Рис. 31. Фотографические звездные следы при большом удалении от полюса. Наверху три звезды пояса Ориона. Внизу направо звезда первой величины—Ригель.

север—направо. Ночью можно ориентироваться по Полярной звезде или по Большой Медведице. Если вы встанете лицом к Полярной звезде, то впереди будет север, за вами останется юг, направо будет восток, а налево—запад. Географические карты изображаются всегда так, что наверху бывает север, внизу—юг, направо—восток, а налево—запад.

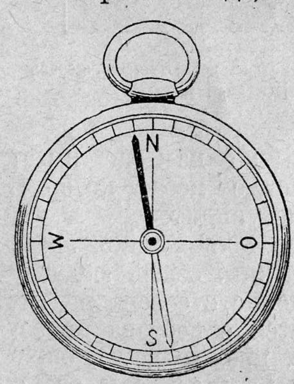


Рис 32. Карманный компас.

Во время пасмурной погоды нельзя ориентироваться по солнцу или звездам. В этом случае для определения стран света служит к о м п а с (рис. 32). Это прибор, в общих чертах, состоит из намагниченной стальной иголки, которая свободно вращается на вертикальной оси. Эта иголка только незначительно отклоняется от прямого направления с севера на юг

и, следовательно, может служить для определения мест на небе и на земле в отношении стран света. Вы, конечно, слышали, что компас является главным и необходимым прибором всякого моряка, ибо дает возможность держать определенный курс на водных пространствах океанов, так же точно, как если бы на морской поверхности имелись какие-нибудь отметки, вехи.

Для ясного понимания следующего, надо заметить то, что звезды нам только кажутся близкими. Точные измерения, о которых мы дальше будем говорить, показали, что звезды Большой Медведицы, находящиеся друг от друга, как вы, вероятно, определите, на расстоянии в несколько сот метров, на самом деле разделены огромными пространствами. Настолько же трудно себе представить их удаленность от земли. Миллионы миллионов шаров, подобных по величине земному, должны мы взгромоздить друг на друга, чтобы достигнуть первой неподвижной звезды, а другие светила неба находятся от нас еще дальше.

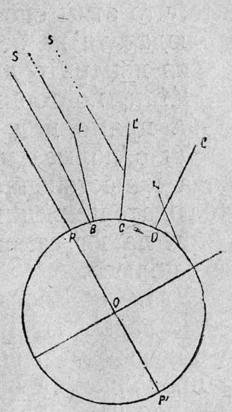
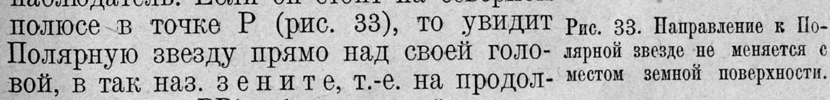


Рис. 33. Направление к Полярной звезде не меняется с местом земной поверхности.

Что здесь нас особенно интересует, это тот факт, что величина нашей земли, по сравнению с величиной расстояния до звезд, бесконечно мала. Два наблюдателя, находящиеся на земле и наблюдающие Полярную звезду, видят ее всегда в одном и том же параллельном направлении, несмотря на то, что они находятся в разных частях земли.

Если земля имеет форму шара, то Полярная звезда будет видна на различной высоте от горизонта, в зависимости от того, в каком месте находится наблюдатель. Если он стоит на северном



полюсе в точке Р (рис. 33), то увидит Полярную звезду прямо над своей головой, в так наз. з е н и т е, т.-е. на продолжении линии PP[1], обозначающей земную ось. Как будет видна Полярная звезда, если наш наблюдатель перейдет в положение B? Он ее увидит в том же самом направлении, т.-е. на прямой BS, которая параллельна линии PS. Строго говоря, обе линии BS и PS пересекутся в точке нахождения Полярной звезды, но в виду того, что расстояние от земли до этой звезды бесконечно велико, эти линии, не делая никакой ошибки, можно считать одинаково ориентированными, т.-е. параллельными. Однако, из рисунка видно, что здесь звезда уже не занимает самого высокого места неба, зенита, т.-е. точки, лежащей на конце продолженной линии отвеса, отмеченной на рис. буквами OB, а находится между зенитом и горизонтом.

Итак, для наблюдателя, двигающегося с севера на юг, Полярная звезда как бы опускается с высоты небесного свода и приближается к горизонту. Заметим, что в точке С Полярная звезда будет видна в направлении параллельной линии CS, образующей с вертикалью угол L¹CS. Но этот угол больше соответствующего угла LBS в точке В и поэтому Полярная звезда в С находится еще ближе к горизонту, чем в В. В точке D расстояние от зенита будет еще больше и, наконец, на экваторе А наблюдатель обнаружит Полярную звезду совсем на горизонте, на продолжении линии AS, касательной к поверхности земли. Если наблюдатель перейдет экватор и направится в южное полушарие, то Полярная звезда ему не будет больше видна. Северный полюс неба от него тогда скроется за выпуклостью земли, но зато он увидит созвездие южного полюса, которое, по мере его продвижения к земному южному полюсу, будет все выше подниматься над горизонтом. Вы сами, без всяких об'яснений, видите, что этим способом можно определить место нахождения наблюдателя на земной поверхности и что для этого нужно только измерить высоту Полярной звезды над горизонтом.

Итак, повторим: на северном полюсе Полярная звезда видна прямо над головой, в зените. При движении наблюдателя с полюса на юг, звезда покидает высоты небесного свода и постепенно приближается к горизонту. На экваторе наблюдатель видит ее на горизонте. При дальнейшем движении на юг открываются созвездия противоположного южного полюса.

Угол, образованный земной осью с горизонтом данного места, называют в ы с о т о й полюса этого места. Этот угол на полюсе равен 90°, так как тут Полярная звезда находится на продолжении земной оси, точно в зените; на экваторе же он равен 0°. Угол между направлением полюса и отвесом называется з е н и т н ы м р а с с т о я н и е м. Зенитное расстояние на полюсе = 0°, на экваторе, наоборот, 90°.

Значение вышеупомянутого угла, т.-е. высоты полюса или соответствующего зенитного расстояния, чрезвычайно велико, ибо этими основными величинами пользуются для нанесения земной поверхности на географические карты. Если вам когда-нибудь приходилось рисовать карту какой-либо местности, то вы, вероятно, пользовались при этом атласом, и ваша работа в этом случае сводилась к простому срисовыванию, к повторному изображению того, что было уже кем-то раньше сделано. Но каким же образом составлялись первые географические карты, когда не с чего было срисовывать? Ведь страны нельзя рисовать так, как обычные предметы, которые наш глаз видит со всех сторон. Мы только ползаем по земле и не в состоянии видеть сразу больше нескольких десятин земли. Для того, чтобы представить земную поверхность, с ее странами и морями, в виде карты, мы были бы должны высоко подняться на воздушном шаре и затем ее зарисовывать по отдельным частям. Самый искусный рисовальщик допустил бы при этом много грубых ошибок, которые исказили бы карту и, во всяком случае, сильно отозвались бы на ее точности.

Поэтому географы отказались от прямого разрешения этой задачи и стараются достигнуть той же цели, только обходным путем. Чтобы нанести на карту местности земной поверхности, они занимаются небом и по звездам определяют местонахождение тех точек земной поверхности, которые их интересуют. Остановимся на основных положениях этого удивительного метода.

Пусть на рисунке 34 круг с центром в точке О изображает землю. Тогда Р будет ее полюсом, ОР земной полуосью на продолжении которой находится Полярная звезда. Пусть А будет какой-нибудь точкой на экваторе, а в В находится наблюдатель, который хочет определить положение этой точки на земной поверхности. Для этого он сначала определяет угломером величину угла LBS, находящегося между видимым направлением Полярной звезды и отвесной линией BL. Предположим, что он нашел величину этого угла равной 30°. Но только что измеренный угол LBS равен углу BOP, образованному радиусом земли, проведенным к месту наблюдения и земной осью. Достаточно только взглянуть на рисунок или угломером провести поверочное измерение, чтобы окончательно убедиться в их взаимном равенстве.

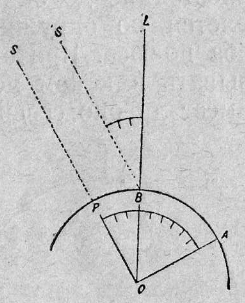


Рис. 34. Удаление Полярной звезды от зенита равно расстоянию до полюса в месте наблюдения земной поверхности.

Этим удачным приемом наблюдатель с поверхности земли может определить величину угла, вершина которого лежит в центре земли и определить так же точно, как если бы было возможно измерить этот угол из самого центра земли. Но что скажет нам этот угол относительно положения точки, в которой находится наш наблюдатель? Повидимому он говорит очень многое. Действительно, если этот угол равен 30°, значит и дуга BP, от полюса до наблюдателя, тоже равна 30°. Тогда определится и дуга ВА, от наблюдателя до экватора; она будет равна 60°, ибо обе дуги BP и ВА составляют четверть окружности или 90 градусов.

Попробуем выразить эти угловые величины в линейных мерах. Четвертая часть земной окружности равна 10.000 километрам. Так как дуга BP=30°, а дуга ВА=60°, то длина первой дуги составляет одну треть, а второй—две трети

10.000 километров. Итак, измерение зенитного расстояния нам показывает, что искомая точка находится на расстоянии 3.333 ⅓ километров от полюса и 6.666 ²/₃ километров от экватора.

Вы видите теперь, что все-таки стоит измерять зенитное расстояние. Тем более, что это измерение не представляет никакого труда—установка угломера, отсчет его делений и—вы сразу находите два нужных расстояния и притом с такой точностью, которой нельзя достигнуть прямым измерением.

Найденное значение дуги в 30° называют полярным расстоянием, ее дополнение до 90°, т.-е. расстояние до экватора—географической широтой данного места земной поверхности.

Значит, под географической широтой места понимают его расстояние до экватора, выраженное в градусах. Оно измеряется по окружности большого круга, проходящего через оба полюса. При определении широты всегда требуется указывать в каком полушарии находится данное место, т.-е. имеет ли оно северную или южную широту.

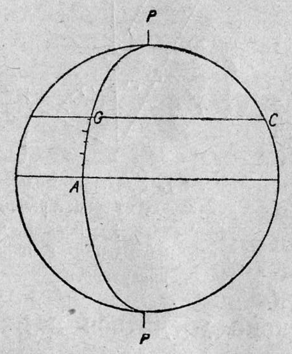


Рис. 35. Построение параллельного круга 26° северной широты.

Чтобы привести следующий пример предположим, что определением высоты полюса данного места земной поверхности было найдено 26° северной широты. Для наглядности давайте попробуем перенести наше место на глобус. Сделаем из картона шар, который нам изобразит землю. Затем проткнем его в середине иглой и это будет земной осью, а места, где она выходит из шара—полюсами. Нарисовав на шаре большой круг, отстоящий от обоих полюсов на одинаковом расстоянии, мы получим экватор. Для того, чтобы можно было точно нанести на глобус нашу точку, мы нарисуем на нем еще один большой круг PAP[1] (рис. 35), проходящий через оба полюса. По этому кругу откладываем по направлению от экватора до северного полюса 90 равных частей, из которых каждая будет равна 1 градусу. Затем отсчитаем от экватора, как это показано на рис. 35, 26 таких частей. Через полученную точку G мы проводим малый круг GC, параллельный экватору. Теперь мы можем быть уверены, что искомая точка лежит где-нибудь на протяжении этого параллельного круга, или на его видимой части, на рисунке 35, или на невидимой. Все точки на протяжении параллели находятся под 26° северной широты и, следовательно, лежит на 26° севернее экватора.

Для любой точки земной поверхности, измерив ее высоту, мы находим соответствующую параллель. Но этим мы сделаем только половину нашей работы. Если вам нужно найти знакомого, живущего в большом городе, то для того, чтобы его найти, вы должны знать его точный адрес, т.-е. не только название улицы, но и номер дома. То же самое требуется для точного обозначения какого-нибудь места земной поверхности—вы должны знать не только улицу, т.-е. параллель, на которой оно находится, но и номер дома, т.-е. его точное положение на этой параллели. Как это сделать, мы узнаем из следующей лекции.

■■ ■■

СЕДЬМАЯ ЛЕКЦИЯ.

ВРЕМЯ И ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ДОЛГОТА.

Вращение земли, как способ измерения времени.—Определение полудня по длине теней. — Нулевой меридиан и географическая долгота.—Значение долготы и широты для изображения земли. — Кругосветное путешествие.

Под лучами солнца вращается земля вокруг собственной оси. Все части земной поверхности последовательно, в течении 24 часов, получают от солнца тепло и свет. Если бы можно было взглянуть на землю и солнце из глубины мирового пространства так, чтобы они находились на равном расстоянии, то солнце будет казаться огромным шаром, заполняющим все пространство своим светом, тогда как первая будет похожа на скромный по размерам, полуосвещенный шар, который кружится в почтительном страхе перед блеском величественного светила. Маленькая песчинка, вращающаяся перед большим раскаленным шаром—вот что представляет собой земля в сравнении с солнцем!

Нам все это, конечно, представляется совершенно иначе. Кажется, что земля неподвижна и ее величина для нас—жителей земли—представляется необычайно громадной, мы воображаем, что солнце, которое, вследствие огромного расстояния, мы видим в качестве небольшого светящегося диска, движется по небу только для того, чтобы равномерно снабжать своими лучами все части земной поверхности. В туманной дымке утра восходит оно на востоке, поднимается все выше и выше, все ярче и теплей становится оно и в полдень достигает наибольшей высоты. Затем постепенно спускается с небесного свода и тонет на западе в красных лучах заката, чтобы затем продолжить свой путь на другой половине земли, согреть другие ее части, а на следующий день

возвратиться обратно. Это воображаемое путешествие солнца вполне естественно, если принять во внимание, что земля вращается с запада на восток, и попеременно подставляет солнцу, в течение 24 часов, различные части своей поверхности. Отсюда получается иллюзия движения небесного свода вокруг земли вместе с солнцем с востока на запад. Вращается ли земля с запада на восток вокруг солнца, или солнце вокруг земли в обратном направлении—внешние явления от этого не изменятся. Но для того, чтобы облегчить себе дальнейшее понимание, лучше сразу усвоить правильную точку зрения. Поэтому, если мы в дальнейшем будем говорить, что солнце движется с востока на запад, не надо забывать, что это только способ выражения для того, чтобы себе представить сложные явления в более простой и легкой форме.

Всем нам, конечно, ясно, что солнце не может освещать одновременно больше одной половины земли. Для освещенной половины будет день, для другой—ночь. В 12 часов дня дневное светило занимает высшую точку своего пути, тогда оно находится в середине дуги, описываемой им над горизонтом.

Представим себе (рис. 36) плоскость NZS, на которой находится место B, где мы в данное время находимся и пусть BP будет земная ось, а BZ — перпендикуляр, восставленный в точке нашего места. Продолжение этой плоскости как над, так и под землей, делит последнюю на две равные части—на восточную и западную. Подобным же образом на равные части делится полушарие неба. Все точки восточного и западного горизонта одинаково удалены от этой плоскости. Ее продолжение до пересечения с небесным сводом пройдет через середину пути дневного движения солнца, т.-е. через ту точку, где оно находится в полдень. Поэтому линия NPZMS называется полуденной линией или меридианом данного места, происходящего от латинского слова meridies, что означает середину дня. Плоскость этого круга, при пересечении с землей, опишет на ней тоже меридиан, проходящий вокруг земли через оба полюса.

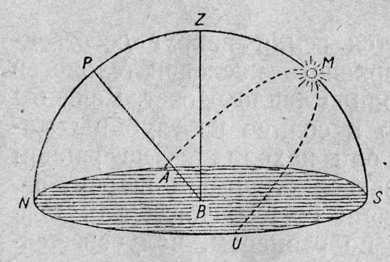
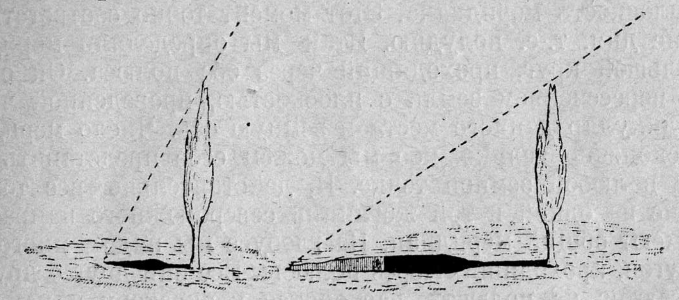


Рис. 36. Суточное движение солнца достигает наивысшей точки в меридиане NZS.

Из этого следует, что данное место на земной поверхности будет иметь полдень тогда, когда солнце находится на его меридиане. Все точки, лежащие на протяжении освещенной части меридиана, будут иметь полдень в одно и то же время. Все точки, лежащие на противоположной части того же меридиана, в этот момент будут иметь полночь.

Каким образом можно точно определить время прохождения солнца через меридиан данного места, или, другими словами, каким способом установить момент полудня? У вас на это, конечно, имеется готовый ответ: ничего не может быть проще этого—для этого нужно иметь только хорошие часы, и когда стрелка часов покажет на 12, то в это время солнце и проходит через меридиан.

Это верно, но примите во внимание, что наши часы, несмотря на все их совершенство, не всегда точно следуют за правильно идущими часами неба. Поэтому требуется время от времени сверять их с равномерным вращением земли около оси, или, если вы хотите, с кажущимся движением неба вокруг земли. И потому наши часы только тогда показывают верное время, если они установлены по огромному циферблату неба, который, с равномерным постоянством, отсчитывает нам часы. Теперь вы, конечно сомневаетесь в совершенстве ваших карманных часов. Ведь вам приходилось, вероятно, время от времени устанавливать свои часы по ба-


Рис. 37. Отбрасывание тени при высоком и низком положении солнца.

шенным или вокзальным, которые, действительно, нередко сверяются с движением неба. Есть ли какие-нибудь простые способы для сравнения показаний наших искусственных приборов, измеряющих время — с показаниями неба? Если дело идет о точном определении момента прохождения солнца через меридиан, то для этого достаточно некоторое время понаблюдать за солнечной тенью.

Пусть, каждый из вас вспомнит свою тень в летний полдень, которая искажает нашу фигуру, делает ее похожей на уродливого карлика. Так же хорошо должно быть вам знакомо явление при заходе солнца, когда тени достигают размеров огромных великанов, а косые лучи солнца резко оттеняют все неровности почвы. Следовательно, чем ближе к горизонту находится солнце, чем наклонней его лучи, тем длиннее получается тень. В полдень, когда солнце занимает наивысшее положение, тень самая короткая (рис. 37). В некоторых областях земли, как мы это увидим дальше, в опре-

деленное время года, в полдень солнце находится в самом зените, и тогда тень отвесно поставленной палки равна нулю. Но оставим это явление в стороне, как не имеющее места в наших широтах, отметив только, что самая короткая тень у нас бывает в полдень, когда солнце занимает наивысшее положение. Этим правилом мы воспользуемся для определения полудня. Давайте теперь на строго горизонтальной плоскости, напр. на мраморной доске, укрепим длинную иглу, которая должна быть перпендикулярна к плоскости. Эта игла, освещенная лучами восходящего и заходящего солнца, будет бросать длинную тень, которая становится тем короче, чем ближе время к полудню. В часы, находящиеся в равном расстоянии от полудня, бросаемые иглой тени, будут одинаковой длины. До наступления полудня тень равномерно увеличивается, после него соответственно уменьшается. Теперь, давайте, определим тот момент, когда тень перестала увеличиваться и не начала еще уменьшаться! В это время солнце занимает наивысшее положение, другими словами, проходит через плоскость меридиана. Этот момент точно соответствует середине дня, т.-е. полудню. Итак мы определили меридан, как большой круг, проходящий через оба полюса. Он образуется пересечением земли с плоскостью, проведенной через перпендикуляр данного места и земную ось. Число меридианов бесконечно велико, ибо мы можем себе представить меридиан в любой земной точке. И, действительно, все точки, лежащие на одной и той же линии северо-южного направления, имеют общий меридиан. На глобусе мы видим много таких кругов, проходящих через полюсы. Все они друг с другом пересекаются на полюсах, расходятся к экватору и напоминают полосы дыни или дольки очищенного апельсина.

Представим теперь себе, что земля разделена на 24 полуокружности, из которых каждая будет полумеридианом. Во время своего суточного вращения, земля подставляет по очереди солнечным лучам каждый из этих полукругов. Точно обращенный к солнцу, полумеридиан имеет полдень, другая половина на противоположной стороне — полночь. Полумеридиан, лежащий от первого к западу, в то же самое мгновение будет иметь 11 часов, так как только через 1 час он встанет против солнца. Третий полукруг в этот момент будет иметь 10 часов, четвертый 9 часов и т. д. Следовательно, каждый из 12-ти полукругов восточного полушария отделен от своего предыдущего на 1 час, с другой стороны, меридиан, стоящий направо от нашего, будет иметь 1 час дня, так как вращение земли его поставило против солнца час тому назад: следующий за ним—2 часа, следующий за этим 3, 4, 5 часов пополудни и т. д. Это наглядно представлено на рис. 38. Солнце, которое надо представлять себе находящимся на огромном расстоянии от земли, проходит меридиан, который обращен к

нам. Оно освещает одну половину земного шара, оставляя другую в тени. Все точки земной поверхности, находящиеся на протяжении освещенной части нашего меридиана, имеют полдень, находящиеся на нем с другой, теневой стороны земного шара—полночь. Вращение земли вокруг оси, которое происходит по направлению стрелки, приводит последовательно под перпендикулярные лучи солнца все меридианы, отмеченные 11 h, 10 h и т. д. [1]). Ближайший меридиан (11 h) только через час придет под отвесные лучи солнца и тогда будет имет полдень. Значит, там часы показывают 11 часов утра. 10 h, 9 h и т. д., имеют следующие за ним меридианы, которые через 2, 3 и т. д., часа будут противостять солнцу. Полуденные линии, обозначенные 1 h, 2 h, 3 h и т. д., уже имели свой полдень, и вращение земли их относит в тень ночи. На первом из них 1 ч. пополудни, на втором 2, на третьем 3 и т. д.

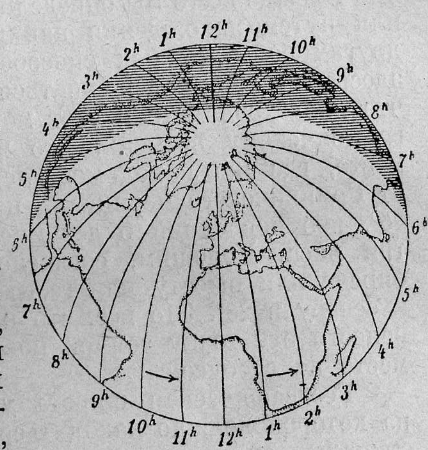


Рис. 38. Разница времени на земном шаре.

Так как изображенные 24 меридиана обнимают собой весь земной шар или 360°, то каждый из них отстоит от соседнего на 24-ую часть 360 градусов, или на 15°. Если мы эти 15° постараемся выразить временем, то полученная величина будет соответствовать одному часу. Теперь, кажется, мы уже в состоянии решить задачу нанесения на глобус определенной точки земной поверхности.

Мы уже видели, что высота полюса дает нам географическую широту данного места и показывает на какой параллели нашего картонного глобуса должно оно находиться. Нам оставалось только найти, в каком именно месте этой параллели оно находится. Для этой цели, мы рисуем на глобусе какой-нибудь меридиан. Но для того, чтобы при географических работах получалась согласованность, в качестве такого исходного или, как говорят, нулевого меридиана условились выбрать меридиан, проходящий через о б с е р в а т о р и ю в Г р и н в и ч е.

Считая исходным пунктом Гринвичский меридиан, мы смело можем пуститься в путь, запасшись только хорошими

[1]) Читай 11 часов; h—сокращенное обозначение часа, происходит от латинского слова hora, что значит час.

часами, требующими особого бережного обращения и правильного завода. Каждый корабль имеет такие выверенные часы, которые называются **хронометром**. Следовательно, где бы корабль не находился, он всегда может узнать, справившись по хронометру, время нулевого меридиана. Представим теперь себе, что мы с такими часами отправились в ту местность, место которой нам надо нанести на глобус.

Прежде всего мы определим момент полудня в этом месте, или путем нахождения наикратчайшей тени, или помощью других более точных способов, на об'яснении которых мы здесь не можем задерживаться. Положим, при этом окажется, что наш хронометр в этот момент покажет 9 часов утра по гринвичскому времени. Что же это значит? Ясно, что это место, где мы находимся, лежит на меридиане, отстоящем от Гринвичского меридиана на 15° взятых три раза, т.-е. на 45°, ибо последний будет иметь свой полдень только через три часа. Положим, согласно предыдущему (стр. 57), мы определили высоту или географическую широту этого места к северу в 26°. Это все, что нам нужно для того, чтобы перенести эту точку земной поверхности на ее действительное место на глобусе.

Географическая широта указывает нам параллель GC, на которой должно находиться данное место (рис. 39). Затем откладываем по экватору найденную разницу времени, принимая за исходный пункт нулевой меридиан PGP¹. Эта разница будет 3 h, или, выраженная в градусах—45°. Через эти 45° мы проводим меридиан PLP¹. Тогда искомая точка будет находиться в B, в точке пересечения параллельного круга с меридианом. Ясно, что меридиан нашего места должен был бы находиться на 2,—3,—4—помножением на 15°, восточнее нулевого меридиана (PAP¹), если бы хронометр в момент полудня показал 2,—3,—и 4 часа пополудни.

Короче говоря, для того, чтобы можно бы наносить на глобус точку за точку земной поверхности, вполне достаточно иметь два инструмента: часы и угломер. Так и для того, чтобы нарисовать карту части земной поверхности, географ или моряк обращается за помощью к солнцу и звездам, они говорят ему о широте и времени, а поэтому он узнает, в каком месте находится.

Под **географической долготой** (рис. 39) данного места понимают расстояние, выраженное в градусах, отделяющее его от ранее установленного меридиана. Долгота может быть восточная и западная. Одно место имеет свой полдень раньше, другое—позже чем Гринвич. Долгота может отсчитываться или по экватору или по параллели, и безразлично, идет ли она на восток или на запад от исходного меридиана, она возрастает от 0° до 180°. Измеряется она, как мы теперь знаем, при помощи хронометра.

Припомним, что географическая широта какого-нибудь места земной поверхности представляет ни больше, ни меньше, как его градусное расстояние от экватора. В зависимости от положения данного места относительно экватора различают северную и южную широту. Она отсчитывается по меридиану и растет от 0° до 90°. Она получается в результате измерения высоты помощью соответствующего угломера, напр. универсального инструмента.

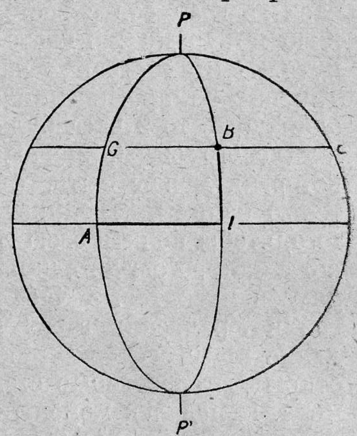


Рис. 39. Географическая широта (LB) и долгота (AG) на земном шаре.

Выражения — географическая широта и географическая долгота—идут еще от римлян. Они были знакомы лишь с небольшой поверхностью земли, с областями окружавшими Средиземное море, и благодаря тому, что эти области тянулись, главным образом, с запада на восток, это направление у римлян получило название долготы; направелние меньшего протяжения они стали называть широтой. В нынешнее время, мы уже не должны связывать со словами долгота и широта понятия длины и ширины. Земля кругла, и, если мы оставим без внимания ее небольшое сжатие у полюсов, протяжения с севера на юг и с запада на восток совершенно тождественны. Теперь для вас больше не явится загадкой сеть меридианов и параллелей на картах земли. Вы знаете, что эти мыслимые линии являются канвой всех географических построений и необходимой основой для рисования карт земной поверхности. Когда изображение на карте закончено, то большую часть помогших построению линий стирают, оставляя при этом определенное число параллелей и меридианов, необходимых для ориентировки (ср. рис. 26).

Возьмите теперь в руки карту или лучше глобус и следуйте от одного меридиана к другому. Давайте совершим по этим линиям, которые как-будто ничего не говорят, а на самом деле говорят очень много, кругосветное путешествие. В тех местах, которые будут лежать на нашей дороге, мы определим время и взглянем на картину земли, здесь—при полном солнечном освещении, там—в сиянии ранней утренней зари, как затем земля догорает в последних лучах заходящего солнца, постепенно погружается в тень и, наконец, исчезает в глубокой ночи.

Предположим, что в это мгновение на Гринвичском меридиане полдень (рис. 38). Тогда в Англии, Франции и Испании, если мы не примем во внимание крайних восточ-

ных и западных точек этих стран, 12 часов. Двинемся дальше на восток! Константинополь и южный Каир находятся под 30 меридианом. Они лежат под 30° восточной долготы. Следовательно, солнце, которое проходит в течение часа 15 градусов с востока на запад, уже 2 часа как оставило в Турции и Египте наивысшую точку своего дневного пути. В этих странах часы показывают 2 часа пополудни. Так как на протяжении одного и того же меридиана время одинаково, то 2 часа будет и в Малой Азии, на берегах Танганикского озера, 2 часа пополудни будет и для феллаха, который, может быть, в это самое мгновение, под скудной тенью пальмы наполняет кожаное ведро водой из Нила для того, чтобы полить свою грядку с луком, 2 часа и для каффа, кожа которого густо намазана жиром и не боится ядовитых укусов москитов. 4 часа пополудни показывает стрелка часов в Уральских горах рудокопу, который на 60-ом меридиане ищет золотые и платиновые жилы в граните. Южнее открываются зеленые степи и солончаки берегов Аральского моря. И недалек момент, когда татары-пастухи начнут доить лошадей, чтобы из молока приготовлять свой национальный напиток. На берегах Ганга, на 90 градусе широты—6 часов; запад окрасился в пурпур и солнце, вероятно, уже заходит. Из густо растущей травы на берегах реки поднимает свой зеленый глаз крокодил, поворачивает безобразную голову, чтобы бросить последний взгляд на мерцание догорающего дня. Здесь слон приветствует наступающие сумерки трубными звуками, а тигр—грозным рычанием.

Вблизи 120 меридиана находится огромный город, жители которого уже поужинали тогда, как вы сами едва ли успели пообедать. Это—Пекин, главный город Небесного государства, окутанный почти полной темнотой 8-го часа вечера. На площадях, при свете пестрых фонариков, движутся веселые толпы народа, с длинными, почти до пят, косами. Гонг и бамбуковая флейта зовут уличных зевак смотреть кукольное представление. А там, в окне, за муслиновой занавесью, с нарисованными на ней драконами, видим мы мандарина, сидящего за запоздавшей едой. Вот ему подали суп из ласточкиных гнезд, который он с удовольствием уплетает, и ловко управляется двумя палочками из слоновой кости, которые ему служат ложкой и вилкой. Может быть мы его застанем, когда он положит опиум в свою трубку и станет опьянять себя этим адским снадобьем.

Но что мы заметили в это время там внизу, почти на конце земли! На опушке леса пляшет вокруг потухшего костра с полдюжины дикарей, некоторые из них роются в золе, чтобы перед сном вытащить оттуда последние остатки гнезда красных муравьев, которое жарили в костре для своей ве-

черней трапезы. Это—туземцы Австралии, жалкие, обреченные на вымирание сочлены человеческой расы.

На Камчатке ночь уже давно наступила; несмотря на темноту, мне кажется, что я различаю хижину, наполовину врытую в землю. Да, это так. Труба дымится, значит, там не спят. Медведь попался сегодня в петлю, как рыба в сеть. Этим и об'ясняется затянувшаяся пирушка до поздней ночи.

Еще дальше под 180 меридианом, на крайнем востоке Сибири, у Берингова пролива—полночь. В Новой Зеландии полночь еще не наступила. Не будем будить спящих людей, с разрисованным страшными узорами телом, которые еще недавно кровавым путем добывали себе человеческое мясо.

Только под 120 градусом западной долготы в Калифорнии, мы имеем твердую почву под ногами. Сейчас 4 часа утра. Сан-Франциско, который в 1906 году был разрушен внезапным землетрясением, и за это время опять отстроился, еще спит. Если бы был день, я бы смог вам показать золотые жилы калифорнийских ущелий, лежащие в горной глубине страны. Я остановил бы ваше внимание на группе огромных елей—патриархов растительного царства—величественные стволы которых несут бремя 1000—2000 лет. К сожалению, для этого ночь слишком темна.

У устья Миссисиппи 6 часов утра. Солнце всходит. На высоком берегу стоит фламинго на одной ноге. Он одно мгновение смотрит на подымающееся из морских глубин солнце, затем, испустив радостный крик, одним сильным взмахом крыльев поднимается на воздух. Дальше к северу, поблизости от озера Канады, кричит олень среди заиндевевших деревьев, а на высоких волнах Чилийского моря видно множество дельфинов, которые в веселом упоении кувыркаются в море, под лучами восходящего солнца.

На западном берегу Гренландии, у эскимосов, 8 часов утра. Спешит охотник для преследования соболя и голубой лисицы через снежную равнину с санями, которые тянет дюжина собак. 8 часов и в середине Бразилии; маленький колибри больше не может выносить жарких солнечных лучей и, после того как целое утро охотился вместе с бабочками по цветам за медом, прячется в густую тень непроходимых лесов. 10 часов утра для кораблей Атлантического океана и 12 часов для Гринвичского меридиана, от которого мы начали наше путешествие.

Земля вертится, и роли меняются. Кто спал—просыпается. Кто бодрствовал — засыпает, кто работал — идет отдыхать, кто отдыхал—начинает работать. И так все время. Все время в деятельности, ни одного мгновения покоя!

■■ ■■

ВОСЬМАЯ ЛЕКЦИЯ.

ДВИЖЕНИЕ ЗЕМЛИ ВОКРУГ СОЛНЦА.

Годовое обращение земли вокруг солнца.—Движение земли в пространстве.—Эллиптическая форма земной орбиты.—Кажущееся годовое движение солнца по кругу зодиака.—Звездные и солнечные сутки.—Истинное и среднее солнечное время.

Одновременно с вращением земли около ее мыслимой неизменяющейся оси, она совершает еще движение в пространстве, которое происходит по почти кругообразному пути вокруг солнца и замыкает этот круг в течение года. Около 365 дней требуется ей для того, чтобы закончить свое далекое путешествие. Она несется в мировом пространстве со скоростью 108.000 километров в час или 30 километров в секунду по окружности, которая является как бы заранее намеченным путем. Скорость движения необычайно велика, когда ее стараешься себе представить кружится голова, но это движение она совершает настолько плавно, что обнаружить его смогла только наука.

При годовом обращении сила притяжения земли солнцем уравновешивается ее собственным движением. Если бы сила солнечного притяжения прекратила свое действие, земля была бы оторвана от солнца и понеслась бы по прямой линии в новые, неизвестные области мирового пространства. Если бы прекратилось движение земли она бы упала на огромное притягивающее ее мировое тело. В 64 дня она бы прошла 150.000.000 километров, отделяющие нас от солнца, а затем произошло бы столкновение, и наша земля, как жалкие куски шлака, погрузилась бы в раскаленные пучины солнца. Если бы движение земли замедлилось каким-нибудь сопротивлением, встреченным ею на пути, то круговое движение не могло бы больше состояться. Земля начала бы все больше и больше приближаться по спирали к солнцу, чтобы затем бешенным вихрем врезаться в огненную массу солнца. Но все это бесцельные предположения. Нет такой причины, которая могла бы заставить остановиться землю, или замедлить ее движение, нет и фактов способных ослабить силу притяжения солнца.

Можно быть уверенным, если не в вечной неизменности пути нашей планеты, то во всяком случае в неизменности на многие миллионы лет.

Путь, проходимый землей, который мы для простоты представляем в виде окружности, на самом деле имеет несколько иную форму. Он имеет форму э л л и п с а, а не круга. Чтобы нарисовать на картоне эллипс, поступают следующим образом. Надо надеть на две, воткнутые в картонный лист, булавки довольно свободную нитяную петлю. В

эту петлю вставляют карандаш и натягивая ее, ведут им по картону (рис. 40). Полученная фигура и называется эллипсом. F и F¹, где воткнуты булавки, называются ф о к у с а м и эллипса. Линия AD (рис. 41) и линия CD называются большой и малой осью эллипса. Обе линии EF и EF¹, соединяющие любую точку E эллипса с фокусами, называются р а д и у с а м и в е к т о р а м и. Из построения эллипса видно, что сумма радиусов векторов EF и EF¹ всегда равна длине нити FEF¹, безразлично от того, где находится точка E. Следовательно, эллипс можно определить, как кривую, в которой сумма расстояний всех лежащих на ней точек, отстоящих от двух неподвижных точек, называемых фокусами, имеет постоянную величину.

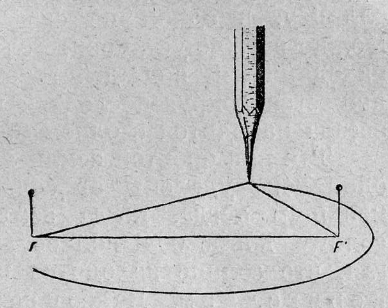
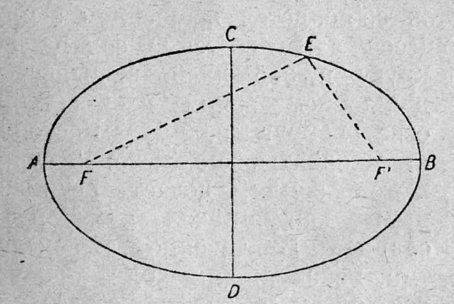
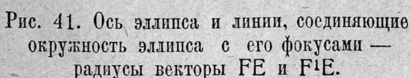


Рис. 40. Черчение эллипса.

Форма эллипса зависит от расстояния между двумя его фокусами; чем они дальше отстоят друг от рдуга, тем он больше растягивается, тем больше принимает удлиненную форму и сильнее отличается от круга. И, наоборот, чем меньше расстояние между фокусами, тем круглее становится эллипс. Если же обе точки соединяются в одну, то описанная нитью кривая будет круг.




Рис. 41. Ось эллипса и линии, соединяющие окружность эллипса с его фокусами — радиусы векторы FE и F¹E.

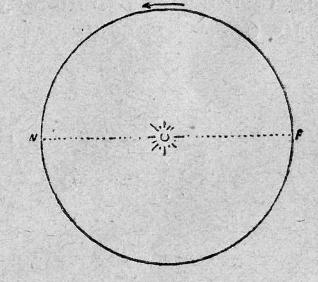


Рис. 42. Истинный вид земной орбиты. N—перигелий, F—афелий.

Годовой путь земли, так называемая о р б и т а, имеет форму эллипса, один из фокусов которого занимает солнце. В этом случае оба фокуса находятся недалеко от середины эллипса и потому путь, проходимый землей, не сильно отличается от круга. Рис. 42 показывает действительное соотношение и, чтобы доказать, что изображенная фигура не является кругом, в центре которого находится солнце, вы

должны прибегнуть к помощи циркуля или измерительной линейки.

Подобным же образом, движется вокруг нас луна по эллипсу, в одном из фокусов которого находится земля. Можно вообще установить следующее правило: всякая звезда, находящаяся под действием притяжения другой звезды, движется вокруг последней по эллипсу, при чем эта другая звезда находится в одном из фокусов.

Так как орбитой земли является эллипс, то мы не всегда одинаково удалены от солнца. Это расстояние будет наименьшим тогда, когда земля находится на ближайшем к солнцу конце большой оси, положим, в точке N, предполагая, что солнце находится в фокусе. Эта точка называется п е р и г е л и е м. Наибольшее расстояние между землей и солнцем бывает тогда, когда она занимает противоположный конец оси F, это положение называется а ф е л и е м (рис. 42).

Через перигелий земля проходит в начале января, а в начале июля мы находимся в афелии. Следовательно, здесь обнаруживается любопытный факт, что мы, живущие в северном полушарии, зимой находимся к солнцу ближе, нежели летом. Разница расстояний, в круглых цифрах, составляет 5.000.000 километров.

Движение земли вокруг солнца, в силу тех же соображений, которые мы развивали, когда говорили о вращении земли около оси, должно нам представляться, как кажущееся годовое движение солнца относительно остальных звезд. Итак, отметим еще раз, что кажущееся явление захода и восхода солнца в течение суток об'ясняется вращением земли около оси, а представляющееся нам движение солнца по кругу в 365 дней, вызывается движением земли в пространстве вокруг солнца. Постоянство орбиты, по которой движется земля, делает неизменным кажущийся нам путь солнца. В течение тысячелетий, неизменно проходит оно через одни и те же созвездия, которые были известны еще древним. Они отметили на годовом солнечном пути двенадцать «домов», из которых каждый соответствовал одному месяцу, и всю их совокупность называли з о д и а к о м. В то время, как земля движется от точки A до B (рис. 43) нам представляется, что неподвижное солнце проходит расстояние от C и D и так далее, до тех пор, пока солнце не придет в свое исходное положение на круге зодиака. Для обозначения 12 знаков зодиака в древности стали применять сокра-

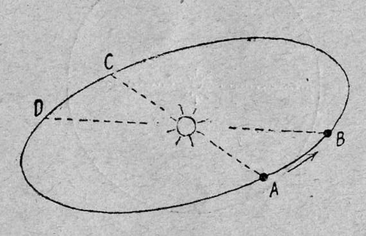


Рис. 43. Кажущиеся изменения в положении солнца на небе вследствие движения земли.

щения, которые, вероятно, вам по календарям хорошо известны. Именно: Овен (♈), Телец (♉), Близнецы (♊), Рак (♋), Лев (♌), Дева (♍), Весы (♎), Скорпион (♏), Стрелец (♐), Козерог (♑), Водолей (♒), Рыбы (♓) (рис. 44).

О вращении земли вокруг собственной оси так же, как ее движении вокруг солнца человечество узнало только 350 лет тому назад. В древности и в средние века думали, что солнце вращается вокруг недвижимой земли. Пониманием же действительных отношений и того, что эти представления основывались на иллюзии, мы должны быть обязаны Николаю Копернику (рис. 45), канонику, жившему в Фрауенбурге. Его знаменитая работа о движении небесных тел, появившаяся в 1543 году, с тех пор является основой всех астрономических исследований.

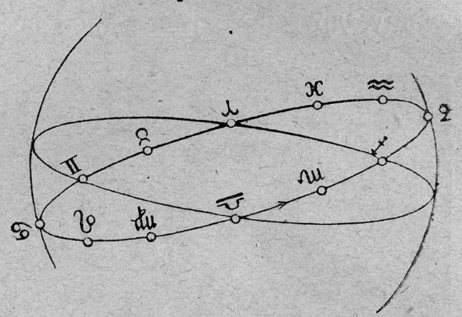


Рис. 44. Годовое движение солнца на небе и знаки зодиака.

Совершая движение вокруг солнца по эллиптическому пути, земля, в то же самое время, не перестает вращаться вокруг своей оси. Продолжительность одного полного оборота соответствует суткам. Поэтому мы должны различать два рода суток: солнечные и звездные. З в е з д н ы м и с у т к а м и называется время, протекшее между двумя одинаковыми последовательными положениями земли по отношению к звездам, т.-е. время между двумя прохождениями какой-либо звезды через меридиан. Величина звездных суток неизменна, т. к. земля вращается вокруг оси с постоянной скоростью, [1]) и потому обращает каждую точку своей поверхности к данной точке неба, через одинаковые промежутки времени.

С о л н е ч н ы м и с у т к а м и, также гражданскими, называется промежуток времени между двумя последующими одинаковыми положениями земли в отношении солнца. Если бы земля только вращалась вокруг оси и при этом не изменяла своего положения в пространстве, то солнечные и звездные сутки были бы равны между собой. Тогда каждый точке земной поверхности требовалось бы столько же времени, для того, чтобы занять одинаковое положение к солнцу, сколько и к звезде.

---

[1]) На самом деле, под влиянием постепенного охлаждения земли и явлений т. н. прилива и отлива, продолжительность дня несколько изменяется. Но это изменение достигнет вероятно только через несколько миллионов лет заметной величины.

Но поступательное движение земли нарушает это равенство. Попробуем это об'яснить лучше.

Давайте рассмотрим землю в положении 1 на рис. 46. В это мгновение одна сторона меридиана AB противостоит солнцу, другая—определенной звезде, находящейся от S на бесконечно далеком расстоянии. Освещенная половина меридиана имеет полдень, другая темная—полночь. На следующий день земля передвинется на своей орбите, даже очень сильно, ибо в час она пробегает 108.000 километров. Пусть она примет положение 2, и тогда прежний меридиан AB, вследствие ее полного оборота вокруг оси, будет находиться против нашей исходной звезды. Мы заметим эту звезду в направлении B^1A^1, параллельной линии BA предыдущего дня. При этом обнаружится, что положение солнца несколько изменилось, и меридиан A^1B^1, лежащий против звезды, относительно которой его сутки истекли, должен повернуться на некоторую величину A^1C^1, чтобы занять то же положение против солнца. Солнечные сутки, таким образом, будут длиннее звездных и в среднем разнятся на 4 минуты.

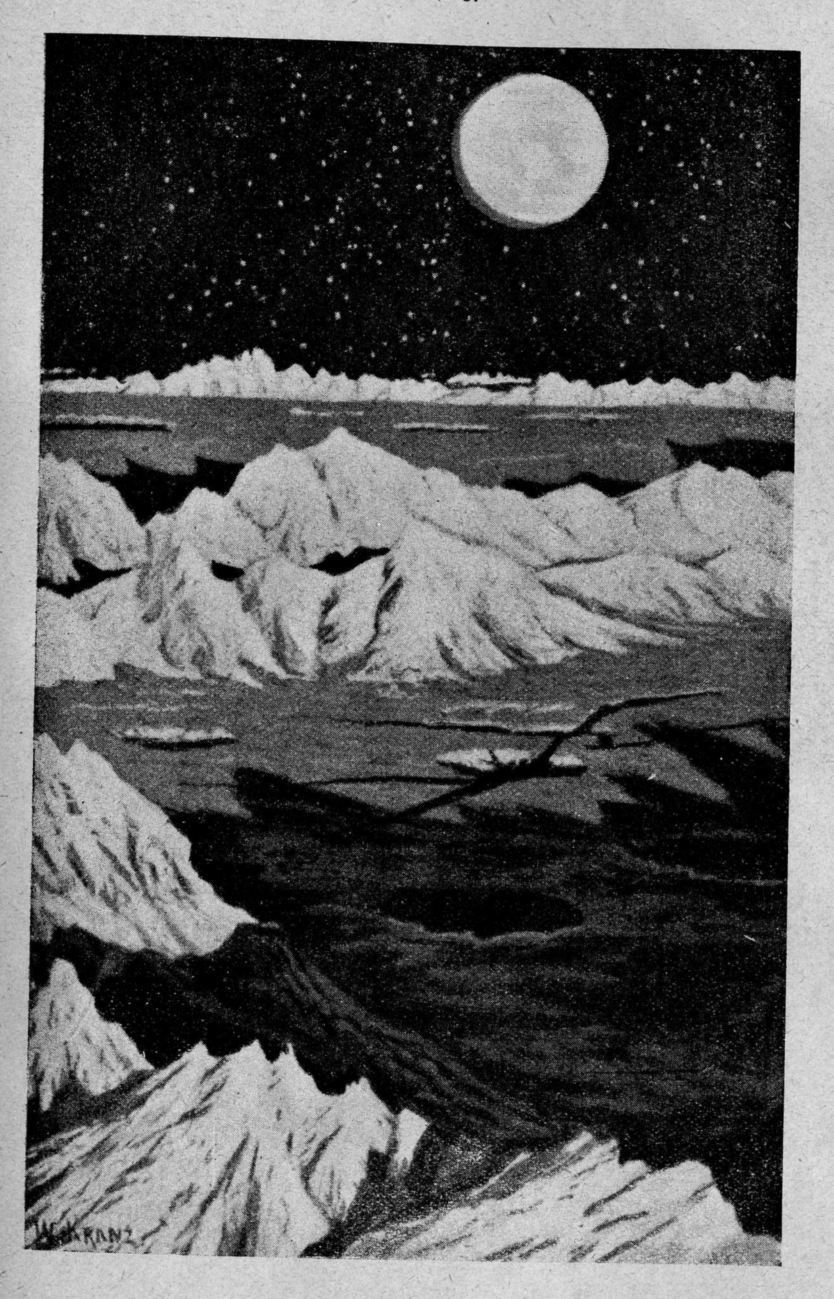


Рис. 45. Николай Коперник (род. 1473 г., умер 1543 г.).

Звезда, движущаяся сегодня одновременно с солнцем по небу, с востока на запад, но при солнечном свете невидимая, завтра пройдет через меридиан на 4 минуты раньше, после завтра на 8 минут и т. д. Через шесть месяцев или через 180 суток она, вследствие ежедневного изменения, покажется на полные двенадцать часов раньше солнца и уже ночью, следовательно, сделается видимой.

Это более раннее появление звезд, нежели солнца, продолжается остальные 6 месяцев, пока они не опередят солнце на 24 часа. Тогда круг замкнется и солнце появится, одновременно со звездой. Год прошел, начинается новый и земля пришла в исходную точку своего пути. За это время солнце совершило свое кажущееся движение вокруг земли 365¼

Таблица 3.



Вид земли с луны.

раз, звезды 366¼ раз. Таким образом, год имеет 365¼ солнечных суток и 366¼ звездных.

Кажущимся движением солнца на небе об'ясняются изменения вида звездного неба. Летом видны определенные созвездия, зимой их место заступают другие, и так постепенно, в течение года, проходят мимо все звезды нашего ночного неба. Если бы солнечное и звездное время совпадали друг с другом, то ничего подобного не могло бы случиться. Тогда бы солнце всегда сопровождали одни и те же звезды и та половина звездного неба, которая показывается одновременно с солнцем, была бы нам невидима и совершенно неизвестна.

Солнечные сутки отличаются от звездных не только своей бо́льшей продолжительностью, но еще одним, в высшей степени замечательным, свойством. В то время, как звездные сутки не изменяют своей величины в течение целого года, продолжительность солнечных немного меняется.

Разница в 4 минуты, о которой я говорил, является некоторой средней величиной, замедления суточного движения солнца по сравнению со звездным движением. Причины изменчивости солнечных суток будут вам понятны из следующего.

Мы предполагаем, что земля, в течение одного оборота вокруг оси, перешла из положения 1 в положение 2 (рис. 46). При этом, мы обнаружили, что меридиан AB отклонился назад, и в этом обстоятельстве нашли причину бо́льшей продолжительности солнечных суток по сравнению с звездами. Если мы теперь предположим, что земля движется быстрее и в то же самое время перешла не из 1 в 2, а из 1 в 3, тогда по истечении звездных суток, т.-е. когда меридиан примет направление B″A″, параллельное BA, земля для того, чтобы находиться против солнца, должна будет повернуться на некоторую дугу A″C″, которая больше A′C′. Следовательно, солнечные сутки будут тем продолжительнее, чем **скорее** движется земля по своему пути. Если мы хотим найти причину изменяемости солнечных суток, то нам ничего не

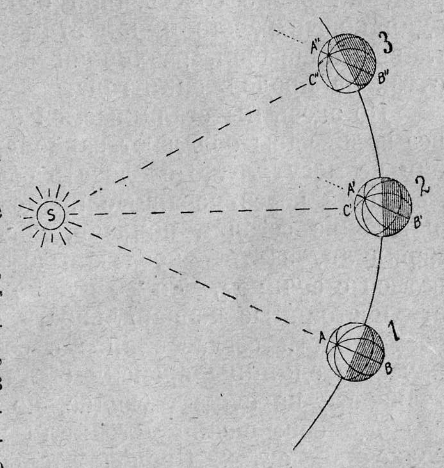


Рис. 46. Различие между солнечными и звездными сутками.

остается делать, как принять, что земля во время движения вокруг солнца меняет свою скорость.

Если бы путь проходимый землей имел форму круга, то движение нашей планеты каждые сутки совершалось бы с одинаковой скоростью в течение целого года. Но при условии эллипсовидной орбиты, когда земля, то приближается, то удаляется от фокуса (рис. 42), где находится солнце, дело обстоит несколько иначе. Следующий опыт заставит нас это понять.

Возьмите и привяжите к концу веревки мяч или шар, затем свободный конец веревки зажмите между двумя пальцами и начните вращать, как пращу. Если вы теперь к веревке подставите третий палец так, чтобы веревка стала на него накручиваться, то заметите, что чем короче будет становиться веревка, тем скорее будет вращаться шар. Отсюда можно вывести заключение: всякое тело, которое постоянная сила приводит во вращательное движение вокруг некоторого центра, вращается тем скорее, чем ближе становится оно к центру, и, наоборот, чем дальше оно отстоит от центра, тем медленнее происходит движение.

Вследствие эллиптической формы своей орбиты, земля не всегда одинаково удалена от солнца, вокруг которого она вращается. Зимой она приближается к солнцу, летом удаляется от него. Следовательно, и скорость движения различна: больше в перигелии (начало января) и меньше в афелии (начало июля). Значит, за время одного полного обращения около собственной оси, земля проходит не всегда одинаковые расстояния и этим обстоятельством об'ясняется, главным образом, различная продолжительность солнечных суток на продолжении года.

Но здесь мы сталкиваемся с некоторой трудностью. Ведь все наши часы обладают равномерным ходом. Следовательно, они не могут точно следовать солнцу, которое проходит наш меридиан через неравные промежутки времени. Часы, показывающие сегодня полдень, когда солнце проходит через меридиан, завтра, послезавтра и далее не будут согласоваться с солнцем. Что же нужно сделать, чтобы, несмотря на эти постоянные неправильности, получать равномерное и по возможности согласованное с солнцем время? Для этого в качестве единицы времени были приняты сутки, в действительности не существующие, но имеющие то преимущество, что они совершенно устранили неудобство неравномерности солнечных суток. Продолжительность настоящих 365 солнечных суток года делят на 365 равных частей и, таким образом, получают среднее время, так называемые с р е д н и е с о л н е ч н ы е с у т к и. Полученная подобным образом единица времени, имеет преимущество полнейшей равномерности, которую требуют наши часы; их недостаток, который

имеет мало серьезное значение, заключается в том, что они редко в точности совпадают с истинным движением солнца. Часы, установленные по средним солнечным суткам, то бегут вперед, то отстают от солнца. Наибольшая разница, которая при этом может получиться, это—16 минут.

При астрономических наблюдениях всегда пользуются неизменным временем звездных суток, которые, конечно, нельзя принять в повседневной жизни. Ясно, что было бы в высшей степени странно устанавливать время по моменту прохождения данной звезды через меридиан. В этих условиях, полдень мы имели бы, то утром, то вечером, то среди бела дня, то темной ночью.

■■ ■■

ДЕВЯТАЯ ЛЕКЦИЯ.

ПОЛОЖЕНИЕ ЗЕМНОЙ ОСИ В ПРОСТРАНСТВЕ И ВРЕМЕНА ГОДА.

Неизменное положение земной оси и смена времен года.—Склонение земной оси к орбите и ее неизменное направление.—Освещение и нагревание земной поверхности 21 июня, 21 декабря, 21 марта и 23 сентября.—Времена года.—Изменение положения земной оси.

Если мы пустим по полу шар, то он неправильно покатится. В зависимости от препятствий, которые ему встретятся на дороге, он будет вращаться то вокруг одной, то вокруг другой оси. С изменением последней, конечно, изменится и положение полюсов: то, что было полюсом, может стать точкой на экваторе и наоборот.

В противоположность этому, земля, брошенная силой природы, вращается в мировом пространстве около постоянной, неизменной оси. Никогда полюсы не передвинутся на экватор и никогда последний не пересечет полюсы. Она находится в равновесии, на вечно незыблемой оси. При этом постоянное положение оси сохраняется, не только внутри земли, но не изменяется во время годового движения вокруг солнца и остается всегда параллельным самому себе. Она никогда не поднимается, никогда не склоняется, по крайней мере, в тех пределах времени, о которых здесь идет речь. Сегодня продолжение направления земной оси соответствует определенным точкам неба, завтра тоже, через год будет показывать на те же точки, и так далее многие и многие десятки лет. Но при этом она стоит не вертикально по отношению к орбите земли, но несколько наклонена к ней. И эта разница, отличающая ее от перпендикуляра, всегда равна постоянному углу в $23^1/_2{}^{\circ}$.

Этот наклон оси к орбите земли, и постоянное сохранение во время годового движения вокруг солнца параллельного себе самой направления—эти два условия обусловливают

времена года. На рис. 47 представлены четыре основных положения земли, которые она занимает на своей орбите в продолжение годового движения. 21 июня она находится в B, где начинается лето, 23 сентября в C, и там будет начало осени. 21 декабря, т.-е. на Рождестве, мы находимся в D, и 21 марта в A, где начинается весна. Значит, лето ограничивается промежутком времени, необходимым для прохождения землей части орбиты BC. Осени соответствует часть CD,

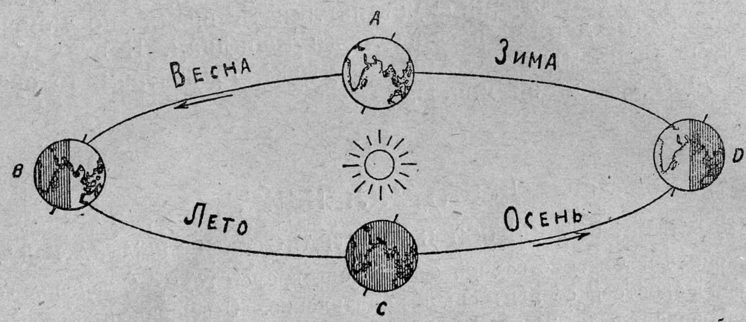


Рис. 47. Смена времен года вследствие наклона земной оси к плоскости орбиты.

зиме—DA и весне—AB. Прежде чем мы перейдем к дальнейшему, давайте постараемся хорошенько усвоить себе тот факт, что земная ось, как это изображено на рисунке, имеет всегда и везде один и тот же постоянный наклон, т.-е. все время сохраняет себе самой параллельное направление.

Представьте себе, что мы находимся в последних числах июня месяца! Никогда так рано солнце не показывается на небе. Оно встает в четыре часа и только около 8 часов вечера погасают его последние лучи. В полдень оно стоит почти прямо над нами и для того, чтобы взглянуть на него, надо поднять глаза почти вертикально. Как ослепителен тогда его свет и как горячи лучи, пронизывающие воздух и землю!

Для нас это—время наиболее длинных дней и самых коротких ночей! В продолжение целых шестнадцати часов мы радуемся солнечному свету, и только восемь часов приходятся на долю ночи.

Если мы теперь двинемся дальше на север, то обнаружится, что там день еще длиннее, а ночи убывают. Мы найдем страны, где солнце встает в 2 часа утра и заходит только в 10 вечера. Еще дальше—где солнце встает в 1 ч. и заходит в 11, еще дальше на север—там восход солнца совпадает с заходом, солнце только касается горизонта и снова начинает свой восход. Наконец, вблизи полюса мы будем свидетелями редкого зрелища—солнца, которое не заходит и в течение нескольких недель, даже месяцев, кружится над

нашей головой. Здесь оно видно над горизонтом и в полдень и в полночь. В этих областях, следовательно, ночи нет.

На южном полушарии в это самое время наблюдаются совершенно обратные явления: низко стоящее солнце, низкая температура, короткие дни и по мере приближения к южному полюсу увеличение продолжительности ночей и, наконец, около самого полюса, сплошная ночь. Значит, в конце июня месяца на обоих полушариях наблюдаются явления совершенно противоположного характера. На северной половине — длинные дни, короткие ночи, усиленное солнечное излучение и высокая температура, северный полюс беспрерывно освещается солнцем. Южная половина, наоборот, имеет короткие дни, длинные ночи, ослабленные солнечные лучи и низкую температуру. Южный полюс погружен в глубокую ночь. В этом случае обычно говорят; на северном полушарии—лето, на южном—зима.

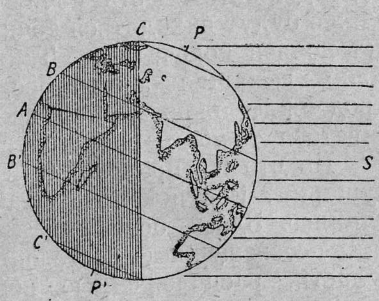


Рис. 48. Направление солнечных лучей 21 июня.

Это неравномерное распределение солнечных лучей на обоих полушариях будет понятно из следующего. На рис. 48 изображена земля, находящаяся в положении B (21 июня) предыдущего рисунка. Параллельные линии изображают солнечные лучи. Вы уже знаете, а рисунок 48 это особенно наглядно показывает, что земная ось несколько наклонена к своей орбите, и земля вращается не вокруг вертикальной оси, а вокруг оси, наклоненной к плоскости ее орбиты. Это является причиной того, что граница линии света и тени, дня и ночи, на земном шаре проходит не через полюсы, но захватывает область северного полюса и не доходит до южного. Попробуйте теперь мысленно заставить вращаться землю! Ясно, что полярные области, находящиеся внутри круга C, проходящего через границу светотени, не выйдут из-под действия солнечных лучей ни на одно мгновение. Следовательно, для этих областей ночи нет, и солнце будет беспрерывно видно в продолжение 24 часов. Круг C называют *северным полярным кругом*. В нем заключаются области, которые 21 июня лишены ночи. Он находится от полюса на расстоянии $23^1/_2$ градусов. Это как раз та величина, на которую отклоняется земная ось от перпендикуляра к своей орбите.

Теперь давайте спустимся немного ниже и встанем, примерно, на круге B. Каждая точка этого круга, вращаясь, по-

следовательно проходит то освещенные, то теневые области. Здесь, значит, имеет место смена дня и ночи. При внимательном рассмотрении рисунка, станет понятно, что каждая точка этого круга проходит темную область в менее продолжительное время, чем освещенную. Таким образом, в этой точке день длиннее ночи. В других точках, описывающих при вращении круги, не изображенные на рисунке (но которые легко себе можно представить),—день, по мере приближения к северному полюсу, будет постепенно увеличиваться, а продолжительность ночи сокращаться. И наоборот: чем ближе будут находиться точки к экватору A, тем длиннее будет ночь и короче день. Также можно убедиться в том, что точки, лежащие на экваторе, имеют день и ночь одинаковой продолжительности, ибо в этом месте освещенная часть экватора точно равна его теневой части.

Но что же происходит в это самое время на южном полушарии? Рисунок показывает, что здесь дни короче, а ночи длиннее. Здесь, освещенная часть суживается, в то время, как неосвещенная постепенно расширяется, и мы видим области, расположенные вокруг южного полюса, которые при вращении земли, совсем не попадают под действие солнечных лучей и где солнце, следовательно, совершенно не показывается. Круг C′ называют *южным полярным кругом*. Он ограничивает собой ту часть земли, куда 21 июня совсем не доходят солнечные лучи. Он отстоит от своего полюса тоже на $23^1/_2$ градуса.

Теперь давайте познакомимся с теми точками земной поверхности, которые 21 июня находятся под действием перпендикулярных солнечных лучей. По ним можно легко узнать, какие страны в это время получают наибольшее количество света и тепла. Вы ведь знаете, что действие световых и тепловых солнечных лучей бывает различно, в зависимости от того, падают ли они перпендикулярно или косо. Нет сомнения, что те области нагреваются наиболее сильно, которые получают от солнца вертикальные лучи. Где же это имеет место 21 июня? Ясно, что на правой стороне параллели B, где в полдень солнечные лучи падают так, что, если мы их мысленно продолжим, они пройдут через центр земли (рис. 48). Здесь, значит, лучи падают вертикально и поэтому вызывают наибольшее тепло. Раз это применимо к одной точке параллели, то годится для всех других, лежащих на протяжении той же параллели. Каждая точка этого круга один раз в 24 часа, т.-е. в полдень, занимает это место и находится непосредственно против солнца. Эта параллель называется *северным тропиком*, понимая под этим круг, точки которого в полдень 21 июня находятся против вертикальных лучей солнца. Он отстоит от экватора на $23^1/_2$ градуса, т.-е. на величину, равную расстоянию полярных

кругов от соответствующих полюсов и равную углу отклонения земной оси от вертикали.

Во всех других точках земной поверхности направление солнечных лучей не будет перпендикулярно. Там лучи отклоняются от вертикального направления и тем значительнее, чем дальше лежит данное место от северного тропика, безразлично на север или на юг. Вглядитесь внимательно в рисунок, чтобы в этом окончательно убедиться.

Значит, по мере удаления в обе стороны от тропика, температура постепенно убывает. Германия находится между северным тропиком и северным полярным кругом и, следовательно, никогда не видит солнца в зените. Но 21 июня у нас солнце бывает выше, чем в какое либо другое время года. Поэтому для того, чтобы в полдень взглянуть на солнце надо поднять глаза почти вертикально.

Пройдут шесть месяцев и наступает зима—вот уже конец декабря! Как переменилась картина! Чтобы посмотреть на солнце мы не должны запрокидывать голову—оно виднеется гораздо ниже. Солнце побледнело, обессилило, почти совсем лишено тепла! Что же случилось? Удалилось оно, что ли, от земли? Или, может быть, огонь солнца гаснет? Нет, светило стало не дальше от нас, чем было, наоборот, оно даже приблизилось, ибо в это время земля проходит наиболее близкую к солнцу точку своей орбиты, которую мы называем перигелием (стр. 70). Тот факт, что солнце побледнело и его тепло едва чувствуется, зависит от малой продолжительности дня и косого направления его лучей. Ведь вы, вероятно, обращали внимание на то, как коротки дни в это время? Только в 8 часов восходит солнце, а в 4 уже наступает закат. Только 8 часов дня и 16 часов ночи! Какая разница по сравнению с летом! Дальше на север ночи становятся еще продолжительнее. 18, 20, 22 часа тянутся они, а день соответствующим образом сокращается до 6, 4 и 2 часов. Около северного полюса солнце вообще не показывается и там дня совсем нет, там в полдень и в полночь царствует темнота.

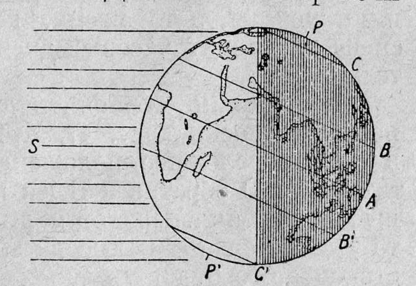


Рис. 49. Направление солнечных лучей 21 декабря.

Все это об'ясняется при рассмотрении рис. 49, который представляет положение земли 21 декабря. Это соответствует положению C на рис. 47. Ось и теперь наклонена в ту же сторону и в той же самой степени, как и раньше. Огромный путь, совершенный землей за это время, ничего не изменил в положении оси. Но свет солнца идет уже с

другой стороны, так как земля находится на противоположном конце своей орбиты. Долго об'яснять здесь ничего не нужно. Из рисунка сейчас же видно, что в местностях, от северного полярного круга до самого полюса, господствует сплошная ночь, что на северном полушарии ночи длиннее дней, и эта разница тем значительнее, чем ближе к северу находятся данные местности; мы замечаем также, что на экваторе день остался равен ночи, что на южном полушарии дни стали длинней ночей и что, наконец, в области южного полярного круга не стало ночей. Теперь действию перпендикулярных солнечных лучей подвергаются точки в положении B¹, лежащие на соответствующем кругу и, принимающие это положение в полдень. Из рисунка понятно, что солнечные лучи тем больше оклоняются от перпендикулярного направления, чем дальше находится данное место от этого круга.

Круг B¹ который 21 декабря подвергается в полдень перпендикулярному действию солнечных лучей, называют южным тропиком. Так же как и северный, этот тропик удален от экватора на расстоянии в $23^1/_2$ градуса.

Сопоставив все получаемые выводы, можно сказать: 21 июня является моментом наибольшего солнечного излучения и временем самых продолжительных дней для северного полушария и самых коротких дней и наибольшего холода для южного. 21 декабря, картина изменяется, роли переменяются: длинные дни и тепло мы находим в южном полушарии, а холод и короткие дни в северном. Длинные дни лета уравновешиваются длинными ночами зимы в соответствующих областях земли. Вы, таким образом, видите, что природа не растрачивает свои дары зря. Длинные летние дни полярных областей уравниваются продолжительными зимними ночами, в то время, как на экваторе продолжается смена двенадцатичасовых дней ночами одинаковой продолжительности.

Представим себе опять движение земли вокруг солнца, изображенное на рис. 47. Чтобы земля могла перейти из B в противоположное положение орбиты D, а затем возвратиться из D обратно в B, ей надо миновать все промежуточные положения. При этом линия, разделяющая свет и тень то удаляется от полюсов, то к ним приближается. Следствием этого будет увеличение или уменьшение дня и изменение направления солнечных лучей. 23 сентября земля достигает точки C (рис. 47). В этом положении солнечные лучи падают перпендикулярно на экватор. Линия границы света и тени проходит точно через полюсы и в это время все точки земной поверхности имеют двенадцатичасовый день и ночь одинаковой продолжительности, то же самое бывает и 21 марта, когда земля приходит в положение A. День 21 марта и 23

сентября называют эквиноктином или днем равноденствия, при чем 21 марта обозначают, как день весеннего равноденствия, и 23 сентября—день осеннего равноденствия. 21 июня и 21 декабря называют днем летнего и зимнего солнцеворота или летним и зимним солнцестоянием. Слово солнцеворот указывает, что в это время солнце делает на своем пути поворот. Постепенно поднимаясь на небо, солнце достигает 21 июня своего наивысшего положения и находится почти непосредственно против нас. В этот момент нам кажется, что оно, на самом деле, закончило свой под'ем. Светило поворачивается и начинает спускаться в южном направлении, и этот спуск продолжается до момента зимнего солнцеворота, после которого снова будет подниматься. Я думаю, что здесь не нужно лишний раз указывать на то, что это восхождение и понижение солнца—лишь явление кажущееся, причина этой иллюзии заключается в движении земли и наклоне земной оси к орбите.

Мы уже слышали, что земля движется по своей орбите не всегда с одинаковой скоростью. Зимой, в перигелии, бег земли происходит быстрее, летом в афелии,—медленнее. Следовательно, времена года имеют неодинаковую продолжительность—зима будет короче, лето длиннее. Можно сказать точнее, что зима имеет 89 дней, лето—94 дня. Эти числа применимы только для северного полушария. Соответственные значения для южного полушария мы получим, если примем во внимание то, что было сказано относительно противоположного характера времен года—во время нашей осени на южном полушарии наступает весна, во время зимы—лето и т. д.

Вся земная поверхность, в зависимости от распределения тепла на ней, делится на пять поясов или зон (рис. 50). По обоим сторонам экватора лежит жаркая зона. Она ограничивается на севере и юге тропиками. В жаркой зоне во время полудня солнце находится почти в зените неба. Его лучи падают на поверхность земли перпендикулярно, чем вызывается высокая температура, которой отличаются области лежащие между тропиками. Так как дни и ночи около экватора имеют одинаковую двенадцатичасовую продолжительность, и другие части этой зоны мало отличаются от экваториальных областей, то остывание почвы в ночное время уравнивается ее дневным нагреванием. Поэтому здесь во все времена года стоит почти одинаковая температура.

Севернее и южнее жаркой зоны идут умеренные зоны. С одной стороны они граничат с жаркими зонами и отделяются от них тропиками, границей с другой стороны служат окружности полярных кругов. Жители умеренной зоны никогда не видят солнца в зените. В любое время года

солнечные лучи падают на поверхность земли косо и потому в наших областях температура значительно ниже, нежели в области жаркой зоны.

От полярного круга до соответствующих полюсов идут холодные зоны. Здесь наклон солнечных лучей и не-

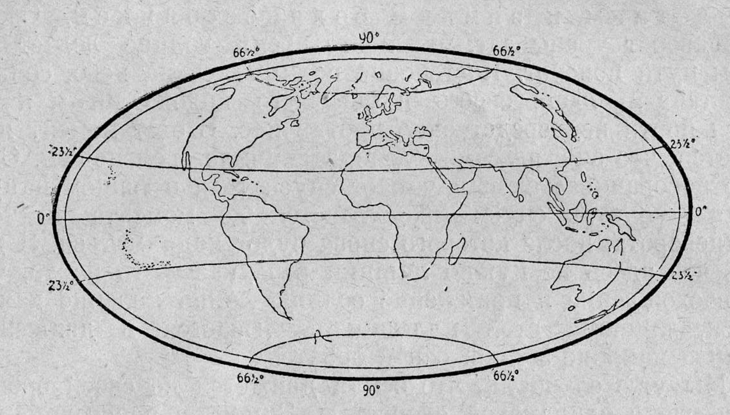


Рис. 50. Земные зоны с правильным соотношением площадей.

равномерность дня и ночи достигает наивысшей величины. И потому летом температура повышается очень мало, а зимняя стужа здесь необычайно велика.

До сих пор мы принимали, что положение земной оси не изменяется, т.-е. она остается все время себе параллельной. Между тем это не совсем верно. Она в действительности претерпевает необычайно медленное колебательное движение, которое зависит от несовершенства шарообразной формы земли.

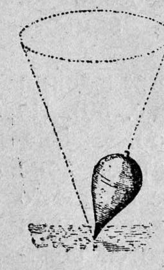


Рис. 51. Движение волчка.

Волчек дает всем известную картину такого колебания оси. Если мы ловко сбросим волчек со шнура, то он побежит по полу и опишет род пути. Это движение напоминает пробег земли вокруг солнца. Одновременно с этим, он вертится на своем острие, вращается, как земля около оси. Затем движение волчка начинает постепенно замедляться: он качается и, наконец, падает, и при этом его верхний конец описывает более или менее значительный круг (рис. 51).

Подобное колебание производит и земля. Оба конца ее мысленно продолженной оси совершают по небесному своду кругообразные движения, а сама ось движется по поверхности двух конусов, которые своими вершинами встречаются в центре земли. Но с какой величественной медленностью совершается это колебание! Надо 26.000 лет для того, чтобы земля совершила одно полное колебание! Из этого очевидно,

что мы имели право рассматривать земную ось в промежутке одного года, не делая при этом заметной ошибки, как параллельную самой себе, несмотря на ее маятникообразное движение. Столетиями эти незаметные годовые отклонения складываются друг с другом и дают нам возможность узнать по изменению положения небесных полюсов о существовании факта колебания земли. Если на протяжении 26 тысячелетий конечные точки земной оси постепенно изменяют свое положение относительно точек небесного свода, то очевидно, что за это время должны были появиться новые созвездия около небесного полюса. В настоящее время для нас Полярная звезда—последняя звезда хвоста Малой Медведицы. В течение ближайших двух столетий северный полюс еще больше приблизится к этой яркой звезде, а через 2.100 лет будет отстоять от нее всего только на полградуса. Затем он начнет от нее постепенно удаляться и будет пробегать новые широкие небесные пространства. Через 12.000 лет, красивейшая звезда нашего летнего неба, Вега в созвездии Лиры, станет нашей Полярной звездой.

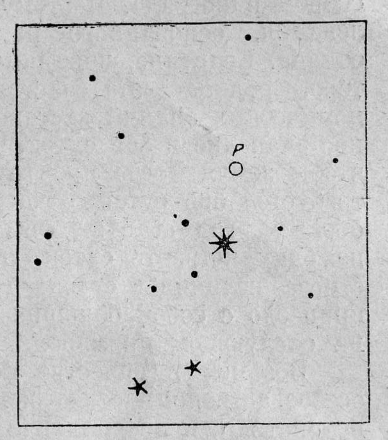


Рис. 52. Положение северного полюса неба около Веги в 14.000 году после Р. Х.

■■ ■■

ДЕСЯТАЯ ЛЕКЦИЯ.

КАЛЕНДАРЬ.

Летосчисление по луне и по солнцу.— Софический период египтян.— Юлианский календарь.—Григорианский календарь.—Название месяцев.— Христианское, магометанское и еврейское летосчисление.

Народы, жившие на востоке, называли альманахом меру для исчисления времени. В настоящее время это слово не употребляется и заменено словом календарь. Эта мера раньше соответствовала почти исключительно одному обороту луны. Естественно, что луна с ее правильным чередованием фаз, не могла не сделаться мерой для исчисления времени. Кое-что от первоначального лунного календаря осталось и в нашем способе деления времени, это—месяц,

количество дней которого приблизительно соответствует продолжительности одного оборота луны.

Но луна не является началом, управляющим нашим днем и временами года. Не луна руководит посевом, жатвой и сбором винограда. Поэтому уже давно поняли удобство календаря, основанного на кажущемся годовом движении солнца. Египтяне, повидимому, были первым народом, у которого родилась эта счастливая мысль. Но недостаток астрономических знаний заставил их принять для года постоянное значение в 365 суток. Теперь же известно, что для того, чтобы земля могла пройти весь путь своей годовой орбиты, требуется 365 суток 5 часов 48 минут и 48 секунд. Таким образом, год египтян отличался от действительного почти на одну четверть суток. Эта ошибка постепенно росла, достигла величины суток, даже целых недель, что, конечно, принесло с собой большие неудобства. Это особенно заметно на следующем примере.

Возьмем в качестве исходной точки момент, имеющий особое астрономическое значение, напр., день весеннего равноденствия, и предположим, что тогда, когда вводили в употребление календарь, этот день наступал 21 марта. Но в виду того, что египетский год короче действительного на четверть суток, земля после четырех лет пройдет точку весеннего равноденствия не 21 марта, а на одни сутки позже, т.-е. 22 марта. Через восемь лет, день весеннего равноденствия наступит 23 марта, через двенадцать—24, через шестнадцать—25 и т. д. Таким образом, действительное наступление дня весеннего равноденствия передвигается каждые четыре года относительно календаря на 1 сутки вперед. Это запаздывание с годами становится все больше и больше, так что, наконец, день весеннего равноденствия должен наступать в марте, апреле, июне и т. д. В силу этого, конечно, передвигаются и остальные времена года, и это передвижение продолжается до тех пор, пока не замкнется полный 12-ти месячный круг. Напрасно будут ожидать наступления жатвы или времени сбора винограда в определенный месяц. И через сто лет невозможно будет угадать, не производя особого вычисления, когда начнется созревание плодов или определить время наступления весны. Короче говоря, уже через несколько десятилетий после введения календаря с сокращенным годом, трудно будет говорить о какой-нибудь согласованности между действительными показаниями неба и данными календаря. Через 1460 египетских лет каждый день календаря пройдет через все времена года и соответствие между календарным исчислением и вращением земли восстановится снова. Но затем ошибка опять появится и будет мешать точному определению времени.

Египтяне знали о существовании этой ошибки, однако, не исключили ее из своего времясчисления. Начало их года было связано с первым видимым появлением Сириуса (Софис)—самой яркой звезды созвездия Большого Пса, и потому, промежуток времени в 1460 лет, когда в результате складывания ошибки календаря получался целый год, они называли периодом *созвездия Пса* или *Софическим периодом*.

Невежество и суеверия внесли такую путаницу в календарь, что уже в Риме осенние празднества совершались летом, а время жатвы праздновалось в середине весны. Только в 46 году, по нашему летосчислению, *Юлий Цезарь* положил конец этому непорядку и придал году почти его действительную величину—365¼ суток.

Однако, эта четверть суток создавала большие неудобства. Что же с ней сделать? Куда ее втиснуть? В результате Цезарь оставил для года его прежнее значение в 365 дней, но для того, чтобы учесть потерянные дробные части суток и привести в согласие показание календаря с солнцем, он устроил так, что к каждому четвертому году прибавлялся один день. По имени Юлия Цезаря, впервые введшего поправку, этот исправленный календарь принято называть *юлианским времясчислением*.

В результате юлианской реформы за каждыми тремя годами в 365 дней должен был следовать один год, так называемый *високосный* в 366 дней. Для того, чтобы можно было сразу определить, какой год является високосным, существует следующее правило: то число года, которое делится на четыре или, что тоже самое, если две его последние цифры делятся на четыре, соответствует високосному году, если же нет—год простой. Таким образом, 1888, 1892, 1896 и т. д. были високосными годами; 1886, 1887, 1889, 1890 и т. д.—простыми годами. Заключительные года каждого столетия 1800, 1900, 2000 и т. д. должны иметь по 366 дней, т. к. эти числа кратны четырем. Однако, мы скоро увидим, что после Юлия Цезаря, были сделаны кое-какие отступления.

Когда Юлий Цезарь вводил в употребление свой календарь, он учел не только возможные в будущем ошибки, но и те, которые были сделаны в прошлом. Для устранения путаницы, получившейся от этих прошлых ошибок, он распорядился, чтобы тот год, в котором впервые вступали в силу его нововведения, должен был иметь 14 месяцев, в общей сложности 445 дней. Этот год, заполнявший своей необычайной продолжительностью прорехи прошлого и поставивший все даты на их настоящие места, был назван путанным годом. Он соответствовал 708 году от основания Рима и 46 году от Рождества Христова.

Но уже римляне выделяли один месяц, который отличался от остальных своей малой продолжительностью. Это—

февраль, насчитывающий всего 28 дней. Что же могло быть проще того, как искусственным включением несколько удлинить этот день? Юлий Цезарь, который не задумался подвергнуть последний год увеличению на два месяца, не отважился бороться с укоренившимися предубеждениями. 28 дней февраля он должен был оставить в полной неприкосновенности, не желая подвергнуться опасности быть публично заклейменным, как человек, посягнувший на божественное устройство мира. Однако, дополнительный день високосного года все-таки был тайно причислен к февралю, так что этот злосчастный месяц каждый четвертый год имел на один день больше своих обычных 28 дней этого месяца, именно 23 число через каждые четыре года в календаре дважды повторялось. Затем, после этой двойной даты, февраль имел свою нормальную продолжительность и кончался, как требовало то время, 28 числа. Видимость, таким образом, была сохранена. В настоящее время февраль перестал уже стыдиться своего дополнительного дня. В продолжение трех следующих один за другим лет он имеет 28 дней, а каждый четвертый год—29.

О новом летосчислении должны были заботиться жрецы. Но они, к несчастью, ошиблись в расчете и против правила заставляли приходить високосный год каждые три года. Эти мудрые люди, предсказывавшие по полету ворона и прожорливости священных кур, несмотря на их протест против месяца в 29 дней, не понимали, что четверть должна повториться четыре раза, чтобы получилось целое.

Но продолжительность года, принятая Юлием Цезарем, все-таки была слишком велика. Мы знаем—для того, чтобы земля пришла в исходную точку своей орбиты, требуется не 365 дней и 6 часов, а 365 дней 5 часов 48 минут и 48 секунд. Таким образом, в году получалась разница в 11 минут, а в 128 лет—целые сутки. Первый день 129 года должен был уже пройти, в то время, как по календарю только кончался последний день 128 года.

Заслуга по упорядочению летосчисления принадлежит папе Григорию XIII в 1582 году. Ко времени появления папской буллы с новыми улучшениями юлианского календаря, ошибка в летосчислении достигла десяти дней, т.-е. на десять дней календарное время запаздывало от истинного, от движения солнца. Прежде всего нужно было устранить эту ошибку, и для этого Григорий XIII распорядился считать днем, следующим за 4 октября 1582 года, сразу 15-ое октября. Но для того, чтобы в будущем не нужно было бы прибегать к подобным насильственным мерам, он устроил так, что из четырех заключительных лет каждого столетия (секулярные годы)—которые по юлианскому календарю были все високосными—считать только один из них в 366 дней.

Дело шло значит о том, чтобы вычеркивать три дня из каждых 400 лет старого юлианского календаря. Это должно было происходить по следующему правилу: только в том случае считать, что секулярный год имеет 366 дней, если его первые две цифры (напр., 1600) делятся на четыре (нули не принимаются во внимание), в противном случае—365 дней. Таким образом 1600 и 2000 являются високосными годами, 1700, 1800, 1900—простыми. Для остальных лет столетия применяется старое юлианское правило: год, число которого делится на четыре,—високосный.

В настоящее время, за исключением Греции и России [1]), которые получили юлианский календарь со всеми его ошибками; во всех христианских странах применяется григорианский календарь.

Разница в обоих летосчислениях постепенно выросла до 13 дней. Если у нас по григорианскому календарю (новому стилю) 20-ое мая, то по юлианскому (старому стилю) будет только 7-ое. Страны, имеющие у себя юлианский календарь, при сношении с Европой ставят дату обоих календарей. Так, напр., 7/20 мая означает 7-ое мая по старому, 20-ое мая по новому стилю.

Год делится на 12 частей или месяцев, происхождение которых сводится к продолжительности лунного оборота вокруг земли. Их неравные величины, их особенные, подчас нелепые, названия происходят из древних, давно прошедших времен.

Ряд начинается январем. Его название происходит от имени Януса, римского божества, с двумя лицами, из которых одно смотрит на прошедший год, а другое на наступающий. Февраль происходит от Фебруо—бога мертвых, или от Фебруа—названия празднества усыновления, справлявшегося в феврале месяце. Посредством февраля каждые четыре года наш календарь согласовывается с солнцем.

Март напоминает нам об основателе Рима, Ромуле, давшем первым жителям жалкой деревни, каким тогда был Рим, в высшей степени несовершенный календарь, разделенный на 10 месяцев или на 304 дня. Март был посвящен богу войны—Марсу, от которого происходил род Ромула. Между 20 и 21 мартом земля достигает той точки орбиты, где в момент весеннего равноденствия солнечные лучи вертикально падают на экватор. Это означает конец астрономической зимы и наступление весны.

Апрель, повидимому, происходит от латинского слова

---

[1]) Декретом С. Н. К. 1918 года в России было введено григорианское летосчисление. Старым стилем называется юлианское летосчисление, новым—григорианское. *Прим. перев.*

aperire, что значит отворять. В этом месяце земле открывается возможность новой творческой деятельности.

Слово май находится в связи с именем богини Майи, которая была матерью Меркурия.

Июнь был, повидимому, посвящен другому легендарному божеству—Юноне. В этом месяце для нас особенно интересно 21 июня—время летнего солнцеворота. Тогда солнце посылает свои перпендикулярные лучи на тропик нашего северного полушария. Это момент окончания весны и начала лета.

Более точно нам известно происхождение слова июль. В воспоминание реформ, произведенных Юлием Цезарем в старом римском государстве, консул Марк Антоний распорядился, чтобы один из месяцев года носил имя великого реформатора.

Август носит название императора Августа, того самого, который устранил грубую ошибку жреческих блюстителей календаря и заботился о дальнейшем усовершенствовании летосчисления в духе Цезаря.

Четыре остальных месяца сохранили свои названия со времен Ромула—сентябрь, октябрь, ноябрь, декабрь—когда они означали седьмой, восьмой, девятый и десятый месяцы. В календаре Ромула, имевшем всего десять месяцев, эти названия имели разумный смысл. Но в юлианском календаре, который мы переняли, эти названия утеряли всякий смысл и не мешают нам только потому, что они взяты с чужого языка.

Раз мы говорили про сентябрь, то надо вспомнить его 23 число—время когда экватор вторично подвергается действию вертикальных лучей солнца. Днем осеннего равноденствия заканчивается лето и за ним следует осень. 21 декабря солнечные лучи падают в перпендикулярном направлении на тропик южного полушария.

На северном полушарии это соответствует времени зимнего солнцеворота: осень кончилась, начинается зима.

Неодинаковые значения для продолжительности месяцев приводят нас, пожалуй, в недоумение. Некоторые месяцы насчитывают 31 день, другие 30, а февраль даже 28 и 29 Каким же образом запомнить сколько дней имеет каждый месяц в отдельности?

Наша рука представляет такой естественный календарь, по которому в любой момент можно узнать, сколько дней в месяце. Если вы сожмете, напр., левую руку в кулак, то каждый из пальцев, кроме большого, у своего основания образует бугор, отделенный от соседнего небольшим углублением. Это и является способом для определения количества дней месяца. Указательный палец правой руки укажет вам путь. Где бы вы не начали, направо или налево, это—все равно. Теперь

начните называть месяцы по порядку — январь, февраль, март и т. д. Когда ряд этих четырех пальцев закончится (четыре бугра и три углубления), вы возвращаетесь опять к ис-



Рис. 53. Определение числа дней месяцев по основанию пальцев руки.

ходному пальцу и продолжайте дальше называть месяцы. Все те месяцы, которые придутся на буграх, имеют 31 день, остальные в углублениях—30. Только февраль, который соответствует первому углублению, мы должны из этого исключить. Он в високосные года имеет 29, в простые—28 дней.

Месяцы делятся на недели. Простой год состоит из 52 недель и одного дня.

В качестве естественной исходной точки года следовало бы выбрать какой-нибудь существенный в астрономическом отношении момент (солнцеворот или равноденствие). Но обычай, который не всегда повинуется разуму, на этот счет решил несколько иначе. У нас год начинается январем, но не всегда так было. Во времена Карла Великого, год начинался на Рождестве, а в 12 и 13 столетии начало года падало на Пасху.

Для правильного распределения исторических событий во времени все народы пользуются определенным летосчислением.

Римляне в качестве исходного момента своей истории выбрали основание Рима; так как от этого события до Рождества Христова прошло 753 года, то для того, чтобы знать, сколько лет тому назад был основан Рим, мы должны к теперешнему году прибавить еще 753. Весь христианский мир ведет свое летосчисление с года Рождества Христова, и поэтому время делится на дохристианское и послехристианское. Летосчисление магометан начинается с 622 года христианской эры, года бегства Магомета из Мекки в Медину. В основании их календаря, разделенного на двенадцать месяцев, положено движение луны вокруг земли. Каждый из месяцев имеет попеременно то 29, то 30 дней. Совершенно особый порядок летосчисления, которое было введено еще

во времена разрушения Иерусалимского храма, до сих пор сохранили евреи. Они считают годы, которые могут быть различной продолжительности, от начала сотворения мира, предполагаемого ими за 3900 лет до Р. Х. Месяцы точно считаются по лунам. Поэтому, иногда вообще бывает довольно сложно переводить даты с магометанского или еврейского календаря на наш и наоборот.

■■ ■■

ОДИННАДЦАТАЯ ЛЕКЦИЯ.

ПРЕЛОМЛЕНИЕ ЛУЧЕЙ В АТМОСФЕРЕ ЗЕМЛИ.

Влияние атмосферы на видимую форму солнца утром, в полдень и вечером.—Прямой и рассеянный свет.—Сумерки и высота атмосферы.—Увеличение на горизонте звезд.—Прочие действия преломления света.

Рассеиваются ночные тени, и нежный, свежий румянец утренней зари становится все ярче, все сильнее. Край неба на востоке украшается золотом и пурпуром. Облака горят. Затем врывается столб ослепительных лучей и земля, как бы трепещет при лучистом появлении солнца. Начинает подниматься дневное светило в своей несравненной красоте, все теплее становятся его лучи, все ярче. Они скользят с высоких острых горных вершин в равнины, с равнин стремятся в ущелья и рассеивают густые серые туманы утра. Они движутся, как бы чей-то незримой рукой, поднимаются на окружающие высоты, рвутся об острые края скал, распадаются на отдельные хлопья и затем совершенно исчезают.

Это—радостный час пробуждения, час,—когда в зелени деревьев щебечут воробьи, когда жук в кустах белого шиповника начинает жужжать, когда поникший цветок выпрямляет свою головку и распускается в светлой улыбке наступающего дня. Это час,—когда душа, этот благороднейший цветок, своей свежей и бодрой мыслью устремляется к небесному своду, в бесконечных глубинах которого царит ослепительный небесный свет.

В полдень солнце достигает своего наивысшего положения. Оно заливает пространство своим трепетным светом, и распускается его лучистая корона, перед блеском которой бледнеют расплавленные металлы. Никакой глаз не в состоянии выдержать силу лучей огненного шара. Его жаркие лучи вертикально падают на почву, высушивают ее, как обожженную глину, своими жгучими стрелами пронизывают нас и как бы грозятся иссушить наше тело до последней капли крови.

Приближается вечер. Подобно железному колесу в ярко красном калении, спускается заходящее солнце по огненному

восточному небу к горизонту, скользит от облака к облаку и бросает на водные глади широкие полосы красного света. Наконец, оно достигает края неба, тонет за далекими холмами и пропадает, чтобы в следующие часы раздавать свет и тепло на другом полушарии земли.

Для образования дневного света ослепительный свет солнца нуждается в некотором посредничестве; без сомнения, что само солнце является источником света, однако, оно одно само по себе, неспособно вызвать обычные явления дневного света. Прежде всего, вспомните о солнечном луче, проникающем через щели ставен в закрытую, темную комнату. Этот луч образует светлую полосу, в которой кружатся и светятся пылинки. Если мы теперь начнем подметать комнату и тем поднимем больше пыли, этим самым увеличим яркость световой полосы. И, наоборот,—полоса побледнеет, когда пылинки осядут на пол. Следовательно, яркость солнечного луча зависит от количества пылинок, которые он встречает на своем пути. Попадая в пучок солнечных лучей, каждая пылинка начинает светится и передает нам отраженный свет, как маленькое зеркало.

Если бы по пути световой полосы не было пыли, то она от этого не перестала бы быть видимой, но значительно бы проиграла в своей яркости. Даже больше,—рассуждая строго,—если бы на ее пути ничего бы не было, абсолютно ничего, она сделалась бы невидимой. Но везде на земной поверхности лучи всегда встречают одно вещество, и это вещество—воздух. Следовательно, воздух является тем веществом, которое делает солнечный свет заметным, даже в том случае, когда его непосредственные лучи не попадают в наш глаз.

Слой воздуха или атмосферы окружает земной шар со всех сторон, подобно морю газа. Каждая частичка этой огромной массы газа освещается солнцем, как пылинка нашей световой полосы, и даже там, куда непосредственно не проникают солнечные лучи, мы получаем их отблеск вследствие отражения атмосферы. Если бы не было атмосферы, мы не имели бы рассеянного света, и все то, что не подвергалось бы непосредственному действию солнечных лучей или их отражению от земной поверхности, находилось бы в совершенной темноте. В этом случае день резко отделялся бы от ночи и существовала бы заметная граница между светом и мраком. В мире, лишенном атмосферы, утро наступало бы сразу, свет дня сменялся мраком ночи также внезапно, как наступает темнота в закрытой комнате, в которой гасят лампу. Тогда бы в наших домах царила ночь среди бела дня, ибо только те предметы были бы светлыми, на которые непосредственно действовали лучи солнца. Не было бы полутеней и полутьмы, а только совершенная темнота. Небо перестало бы казаться лазурным и стало бы глубокого черного цвета. На этом мрач-

ном, наводящем ужас фоне, светилось бы солнце в безлучистом великолепии, а звезды были бы видны не только ночью, но и днем, так как атмосфера не препятствовала бы их блеску.

Воздух сглаживает резкий переход ночи ко дню и ото дня к ночи, который происходит постепенно, почти незаметно. Еще задолго до того, как над горизонтом взойдет солнце, его лучи достигают верхних слоев атмосферы. Последние, освещенные солнцем, отражают лучи и посылают их нам в качестве предвестников дня, рассвета или утренних сумерек. Также и после захода солнца, атмосфера остается некоторое время освещенной и изливает в вечерних сумерках на землю матовый свет, который затем незаметно переходит в ночь.

Продолжительность сумерек находится в связи с высотой атмосферного слоя. Если бы последний был безграничен, то утренние и вечерние сумерки сливались бы воедино и не было бы ночи, т.-е. даже в отсутствии солнца небо изливало бы все время определенный свет. Поэтому, по продолжительности сумерек можно судить о приблизительной вышине атмосферы.

Вычислениями, произведенными по этому вопросу, было найдено, что на высоте, приблизительно, в 300 километров уже нет воздуха. Там открывается простор мировых пространств, где движение небесных тел не встречает никакого сопротивления, способного нарушить их гармонию.

Атмосфера образует лучистый свод, где солнечный свет разбивается на тысячу тысяч отражений и отбрасывается к нам на землю. Утренние и вечерние сумерки удлиняют продолжительность дневного освещения и создают переход от дневного света к ночной темноте. То обстоятельство, что земля окружена атмосферой, как скорлупой газового слоя, является причиной многих других замечательных явлений, к знакомству с которыми мы сейчас приступим.

Ведь каждому хорошо известно, что солнце при восходе бывает менее ярко, чем потом. Когда оно находится на горизонте, на него можно спокойно смотреть; через некоторое время ничей взгляд уже не сможет выдержать его ослепительных лучей. Между тем, солнце все время посылает одно и то же количество света и тепла. Его огонь никогда не ослабевает и никогда не усиливается. Очевидно, воздух является причиной различного действия солнечных лучей. В полдень они проходят через атмосферу по кратчайшему направлению, почти вертикально. Утром солнечные лучи падают на землю косо и для этого им нужно пройти значительно более толстый слой атмосферы (рис. 54).

Когда солнце находится на горизонте, нам представляется в высшей степени своеобразное явление: солнечный

диск кажется значительно больше, нежели на верху, на небе. Между тем, производя измерение его диска астрономическими приборами утром, в полдень и вечером, постоянно находят ту же самую величину. Подобное явление мы наблюдаем на луне и звездах: находясь на горизонте, они нам кажутся больше, чем когда они стоят высоко на небе.

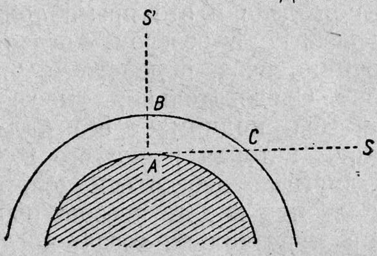


Рис. 54. Прохождение солнечных лучей через земную атмосферу в направлении горизонта (S) и в направлении зенита (S^1).

Об'яснить этот обман зрения довольно легко. Небесные тела находятся от нас так далеко, что глаз не может даже приблизительно определить их величину и расстояние. Глаз слишком ограничен для того, чтобы он смог охватить солнце в мировом масштабе, во всей его неизмеримой широте. Он видит только светящийся диск на небесном своде и судит о близости или дальности этого диска по силе его лучей и по относительной, перспективной величине находящихся перед ним предметов.

Поставьте перед собой, на расстоянии десяти шагов, гденибудь на свободе, зажженный фонарь! Если воздух прозрачен, то вы воспринимаете свет во всей его яркости и, предположим, правильно определяете расстояние до фонаря, в десять шагов. Если же то же самое сделаете в мутном, туманном воздухе, когда свет лишен своей яркости и вы видите матовое пламя, то фонарь вам покажется дальше, чем на самом деле. Кто из вас не замечал, что в туманные ночи огонь жилищ нам кажется значительно дальше, чем в действительности?

Ту же самую ошибку мы делаем и с солнцем. На горизонте солнце теряет часть своей яркости, вследствие легкой туманной вуали нижних слоев воздуха. Кроме того, мы его видим на заднем плане предметов, находящихся в поле нашего зрения. Когда солнце занимает свое наивысшее положение, оно в полном блеске одиноко господствует в небесной выси и для глаза нет предметов для сравнения. Поэтому, в первом случае, на горизонте оно кажется наб более удаленным, нежели во втором, когда стоит высоко на небе. Как мы обманывались относительно расстояния, в той же степени ошибаемся относительно величины рассматриваемого тела. Предмет, кажущийся нам благодаря обману чувств дальше чем на самом деле, но вместе с тем, производящий на сетчатой оболочке глаза то же самое изображение, нам всегда кажется больше. Поэтому, не удивительно, что солнце, луна и звезды представляются нам именно тогда особенно большими, когда мы их считаем наиболее удаленными.

Атмосфера является причиной еще одного обмана чувств. Солнце—едва ли вы мне поверите—мы видим до его действительного восхода. Утром, в то самое мгновение, когда мы видим, что весь диск солнца показался над горизонтом, на самом деле в это время только его верхний край касается горизонта, а вечером, когда нам кажется, что оно стоит на границе неба, в действительности—уже опустилось за горизонт. Следовательно, атмосфера изменяет место солнца, она как бы поднимает его над горизонтом именно на такую часть, которая равна его ширине. То же самое происходит с другими небесными телами: воздушная оболочка заставляет нас видеть звезды выше их действительного положения и не только тогда, когда они находятся на горизонте, но и в любом месте неба. Только та звезда, которая находится в зените, будет нам видна на своем истинном месте, все же остальные представляются нам в тех положениях, которых они в действительности не занимают.

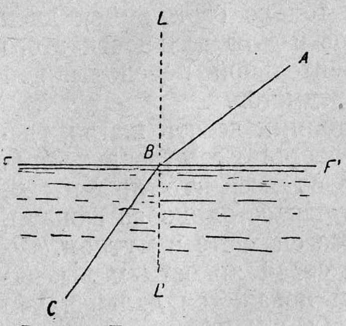


Рис. 55. Преломление солнечного луча при переходе из воздуха в воду.

Давайте займемся ближе изучением причины этого необычайного явления! Свет распространяется по прямым линиям, но только в том случае, если это распространение происходит в одном и том же веществе или, как говорят, в той же самой *среде*. Если меняется среда, то световой луч заметным образом изменяет свое направление. Рис. 55 показывает два вещества, которые разделены друг от друга поверхностью FF'. Пускай верхнее вещество будет воздух, нижнее—вода. Световой луч AB проходит воздух и в точке B встречает поверхность воды. Вместо того, чтобы сохранить направление, он от него внезапно отклоняется, перегибается и дальше идет уже по прямой BC, образующей с перпендикуляром LL', восставленным к разделяющей поверхности, угол CBL'. Этот угол меньше первоначального угла ABL. Подобному отклонению подвергается луч при переходе из пустого пространства в воздух. Отсюда следует общее правило: если световой луч переходит из среды с менее плотным веществом в среду более плотную, то он всегда отклоняется от своего первоначального направления и приближается к перпендикуляру.

Представим себе теперь, что световой луч на рис. 55 идет по направлению снизу вверх, из воды в воздух. В воде он имел направление CB, но как только он доходит до воздуха он внезапно отклоняется от своего пути, удаляется от перпендикуляра и следует по направлению BA. При переходе из стекла в воздух, из воздуха в пустоту или вообще из среды с более плотным веществом в среду с менее плотным, луч отклоняется таким образом, что он удаляется от перпендикуляра. Итак, мы можем установить второе правило: при переходе светового луча из плотной среды в среду менее плотную, он изменяет свое первоначальное направление так, что он удаляется от перпендикуляра.

Это изменение направления косого светового луча при переходе из одной среды в другую называется *преломлением света*. Я сказал: косого луча, так как, если луч идет по перпендикуляру к разделяющей поверхности, то тогда отклонения не происходит. Такой луч, проходящий воздух по линии LB, в воде будет иметь то же направление BL' и совершенно не изменит своего пути. Ну, достаточно теории! Давайте произведем несколько опытов, основанных на законе преломления света.

Поставьте сосуд с непрозрачными стенками, напр., глубокое блюдо, на пол и положите на его дно металлическую монету! Затем встаньте так, чтобы можно было ее прямо видеть. Если вы теперь измените свое положение, отойдете несколько назад, то монета, скрытая стенками сосуда, вам не будет видна, но если в этот момент кто-нибудь другой наполнит блюдо водой—монета покажется как по волшебству, несмотря на то, что вы не переменили своего положения и она действительно закрыта стенками сосуда. Это, конечно, не волшебство. Причина явления заключается во втором из наших законов, основанном на преломлении светового луча, идущего из воды в воздух.

Представим себе прямую AB (рис. 56), идущую по краю сосуда. Таким же образом, мы можем себе представить направление нижнего луча, исходящего от монеты до наполнения блюда водой. Остальные лучи, находящиеся под AB, задерживаются непрозрачной стенкой сосуда. Если блюдо не наполнено водой, то монета невидима в точке A, где находится глаз наблюдателя. Если же в сосуд нальем воды, то положение меняется. Световой луч CB, который без воды шел по прямой и не попадал в глаз, в присутствии жидкости отклоняется от своего первоначального направления и, вследствие того, что он идет из более плотной среды в менее плотную, удаляется от перпендикуляра. Он принимает направление BA и попадает в глаз, для которого монета становится

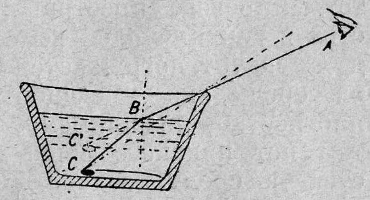


Рис. 56. Опыт с непоявившейся монетой, закрытой вследствие преломления света.

видимой. Но он видит предмет не в точке C, где он действительно находится, а на конце продолжения светового луча, т.-е. в мнимой точке C′, которая в этом случае кажется исходной точкой светового луча.

Также об'ясняется, почему опущенная в воду палка нам кажется сломанной в месте погружения. Световой луч CB (рис. 57), идущий от конца палки, при выходе из воды преломляется, отклоняется от перпендикуляра и переводится в направление BA. Глаз, обманутый преломлением, видит конец палки не в точке C, а в направлении мысленно продолженного луча, т.-е. в C′. В виду того, что и остальные точки подвергаются подобному перемещению, мы видим палку укороченной и сломанной в месте соприкосновения воды с воздухом.

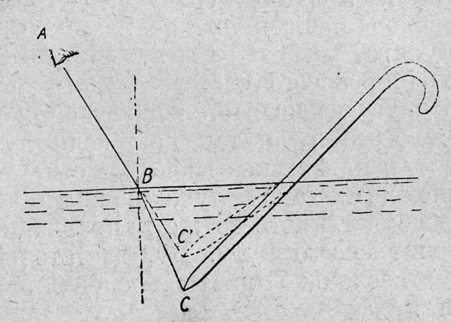


Рис. 57. Погруженная в воду палка кажется сломанной вследствие преломления света.

Тоже самое происходит в земной атмосфере. Только здесь надо заметить, что последняя не обладает одинаковой плотностью на всем своем протяжении, а по мере удаления от земной поверхности становится все реже.

Предположим, что световой луч падает на землю по направлению SB (рис. 58). В отсутствии воздуха, этот луч прошел бы по прямой линии над точкой A, не подвергаясь никакому отклонению. Но он идет из пустоты мирового пространства в верхний слой воздуха, значит, погружается из среды, не имеющей плотности — повидимому, там нет никакого вещества—в среду, обладающею некоторой плотностью. Поэтому он приблизится к перпендикуляру, восставленному к воздушному слою, и перейдет в направление BC. Здесь он оставляет разряженный воздушный слой и переходит в следующий, более плотный. Значит, опять он должен преломиться и приблизиться к перпендикуляру, отчего принимает направление CD. В точке D, вследствие большей плотности

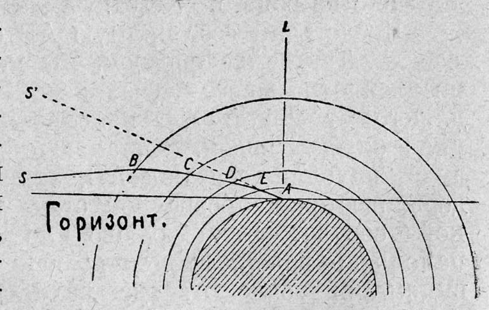


Рис. 58. Преломление световых лучей в земной атмосфере.

следующего слоя, он подвергается новому смещению со своего первоначального пути. Таким образом, благодаря постепенно растущей плотности воздушных слоев, световой луч подвергается ряду отклонений в одну и ту же сторону, проходит путь по кривой линии SBCDEA и попадает в глаз наблюдателя, находящегося в точке A. Но наблюдатель видит исходную точку этого луча не в S а в направлении, мысленно продолженного луча, т.-е. в точке S′. Итак, преломление света устраивает то, что мы видим солнцем и луну над горизонтом, в то время, когда они в действительности находятся под ним и скрыты от нас выпуклостью земли.

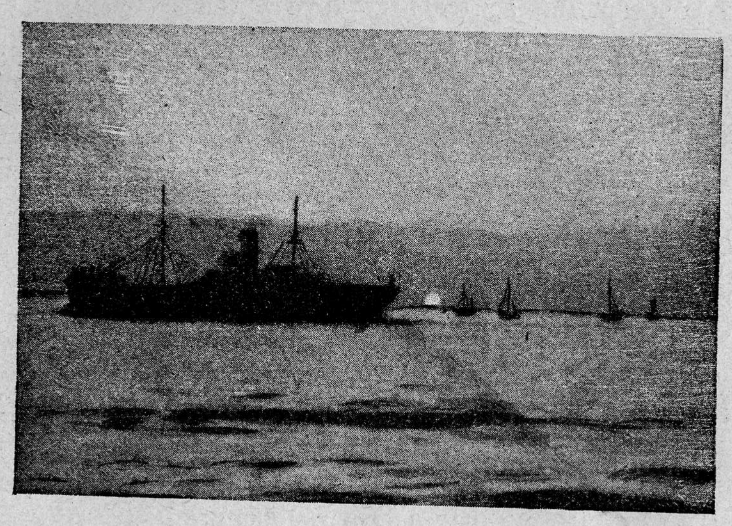


Рис. 59. Эллиптическая форма солнечного диска на горизонте.

Другой род лучепреломляющей способности воздуха заключается в изменении круглого диска солнца и полной луны на горизонте в эллипс. Причиной этого является то обстоятельство, что лучепреломление будет тем больше, чем ближе к горизонту находится рассматриваемое тело. Тогда нижняя часть обоих светил преломляется в большей степени, нежели верхняя и, благодаря неравномерному преломлению отдельных частей, получается заметное изменение формы солнечного и лунного диска (рис. 59). Когда светила начинают подниматься, действие постепенно слабеет и наконец совершенно прекращается.

■■ ■■

ДВЕНАДЦАТАЯ ЛЕКЦИЯ.

ЗРИТЕЛЬНАЯ ТРУБА.

Линза, как зажигательное и как увеличительное стекло.—Астрономическая труба или рефрактор.—Фотография неба.—Зеркальная зрительная труба или зеркальный телескоп.—Самые большие зрительные трубы.

Для производства точных наблюдений на небе астроном должен располагать таким прибором, который значительно усилял бы силу зрения глаза, т.-е. зрительную трубу. Правда, еще до открытия зрительных труб человечество имело некоторые сведения и представления о строении вселенной, в особенности о движении луны, планет и земли. Но это знание, основанное только на наблюдениях простым глазом, было очень несовершенно по сравнению с фактами, которые удалось получить помощью зрительной трубы.

Хотя может быть вам еще не приходилось смотреть на небесные тела: на луну, планеты и т. п. через зрительную трубу, но вы без сомнения выразите желание познакомиться с устройством прибора, которым пользуется астроном на обсерватории.

Вам, конечно, знакомы зажигательные стекла, имеющие вид линзы, которые собирают солнечные лучи в одну жгучую, ослепительную, яркую точку. При подобном рассмотрении вы найдете, что эти стекла выпуклы с одной стороны или с обоих, или вообще имеют одну из трех изображенных на рис. 60 форм.

Рис. 60. Различные формы собирательных линз.

Если вам когда-нибудь придется иметь подобную линзу в руках, советую познакомиться подробнее с ее действием.

Когда светила начинают подниматься, действие постепенно слабеет и, наконец, совершенно прекращается.

Пока мы остановимся на хорошо известной способности этих стекол собирать световые лучи! Опыт с солнцем нам показывает, что его параллельные лучи соединяются такой собирательной линзой в одной точке, в так называемом **фокусе**. Если держать за линзой, которая находится на пути солнечных лучей, лист бумаги, то мы на ней сначала заметим светлый круг, который, по мере удаления от линзы, становится все меньше и меньше и наконец при определенном удалении, которое мы называем **фокусным расстоянием**, свертывается в маленькую, не очень светлую точку. Легко убедиться в том, что каждая линза имеет только один **фокус**. Передвигая бумагу мы получаем только в одном месте, именно в фокусе, наиболее плотное соединение

солнечных лучей в виде точки, обладающей наибольшим тепловым и световым действием.

Что же это соединение лучей действительно имеет вид точки? При опыте с солнечными лучами в этом трудно разобраться—глаз слепнет от чрезмерной яркости, собранных в фокусе солнечных лучей. Но повторим то же самое с луной. Тотчас станет ясно, что в фокусе линзы получается не точка, а правильное маленькое изображение луны, при чем, если луна находится в полной фазе, то получается кружок, если же луна имеет вид серпа—получается серповидное изображение. Произведите опыт с каким-нибудь другим светящимся телом, напр., со свечой, лампой и т. п. в темной комнате, то в фокусе, или по крайней мере вблизи от него, вы всегда получите отчетливое, правда обратное, уменьшенное изображение данного предмета.

Для чего же служит это, полученное нами посредством линзы изображение солнца, луны или других небесных тел? Ведь мы получаем изображение звезд меньше, чем видим их простым глазом? Да, мы слышали о зрительных трубах, увеличивающих наблюдаемые предметы, но нам никто никогда не говорил о таких приборах, которые уменьшают и тем самым ослабляют и без того небольшую силу нашего зрения! Для чего же служит этот опыт? Имейте терпение и вы скоро увидите, что простое зажигательное стекло, посредством которого в фокусе получаются уменьшенные изображения солнца и луны, представляет основу всякой астрономической зрительной трубы.

Попробуйте как-нибудь посмотреть через такое зажигательное стекло на луну или на любой предмет, находящийся от вас далеко, только не проделывайте этого опыта с солнцем, если вы думаете продолжать пользоваться своими глазами! При рассматривании луны через линзу, как бы вы ее не двигали и не вращали, вы ничего не увидите кроме светлых пятен, а при разглядывании окружающей местности, вы заметите только неопределенное зеленое мерцание. Но если вы возьмете и положите перед собой древесный лист, или клочек исписанной или печатной бумаги и станете их разглядывать через лупу, то, при хорошем освещении этих предметов, вы сможете разглядеть тончайшую сеть сосудов листа, а буквы, написанные вашей же рукой, будут казаться такими огромными, как будто были написаны не пером, а кистью. В этом случае изображение будет не обратное, а прямое. Здесь значит, линза играет роль увеличительного стекла. Но стоит вам только несколько удалить ее от рассматриваемого предмета, она тотчас теряет эту способность. Следовательно, эта способность, которую мы хотели бы применить к солнцу, луне и планетам, проявляется только на определенном, очень небольшом расстоянии.

Вспомним факт получения изображения небесных тел в фокусе собирательной линзы и тогда, может быть, подойдем вплотную к тайне устройства зрительной трубы. Об'яснение напрашивается само собой: отбрасываем при помощи собирательной линзы изображение удаленного предмета, а затем разглядываем его через вторую линзу, которую употребляем в качестве увеличительного стекла. Заключим их в картонную или металлическую трубу и зрительная труба готова!

Таинственный прибор, посредством которого астроном наблюдает звезды, теперь не заключает для нас ничего загадочного. Он состоит из полой трубы, в отверстия которой с обоих сторон вставлено по линзе: передняя, очень большая, так называемый об'ектив, отбрасывает изображение дальнего предмета в свой фокус, которое рассматривают посредством второй, меньшей по размерам линзы, так наз. окуляра (рис. 61). Чем больше об'ектив, чем значит больше лучей он

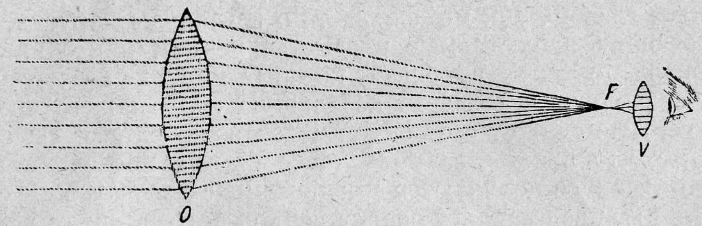


Рис. 61. Построение зрительной трубы: O = линза об'ектива, V = линза окуляра.

собирает, тем слабее могут быть в зрительной трубе окуляры. Подходящим изменением величины окуляра, можно подобрать увеличение, которое соответствует глазу наблюдателя и прежде всего—световой силе фокусного изображения. Поэтому, всякая зрительная труба имеет только один об'ектив и целую систему из большого количества окуляров, посредством которых можно подбирать увеличение так, что бы оно соответствовало свойствам фокусного изображения.

Если об'ектив дает обратное изображение предмета, а окуляр не изменяет положения фокусного изображения, то все рассматриваемые небесные тела мы видим в зрительной трубе в обратном виде, т.-е. «верх» на самом деле будет «низом», а правая сторона—левой. Это надо учитывать при всех астрономических наблюдениях, на всех фотографиях луны, изображениях планет и т. д. (ср. рис. 81 и 85). На них в противоположность географическим картам, север будет внизу, юг — наверху.

Об'ективы и окуляры всех современных зрительных труб приготовляются из многочисленных линз и, частью, из различных сортов стекла. Здесь нужно заметить, что упомянутые

свойства линз, именно способность отбрасывать изображение и увеличивать, основываются на законах преломления света, которыми мы занимались в предыдущей одиннадцатой лекции. Лучи, падающие на об'ектив и переходящие из воздуха в стекло линзы, т. е. из менее плотной среды в более плотную, отклоняются по направлению к перпендикуляру, значит — к средней линии, или к так наз.—оси зрительной трубы, где они затем соединяются в фокусе. В данном случае со знакомым явлением преломления света связано еще одно явление, которые называются рассеянием света, от которого, если бы было можно, мы бы охотно избавились. Всякий луч белого света солнца, луны, звезды и т. п., падающий в об'ектив, преломляясь, рассеивается в пучок цветных лучей. При внимательном разглядывании мы видим, что каждый из этих цветов, количество которых так же велико как в радуге, соединяется в особой фокусной точке. Все эти фокусные точки лежат плотно одна около другой, но все-таки на различных расстояниях от об'ектива. Таким образом, красное изображение луны покрывает желтое, желтое покрывает зеленое, зеленое—синее и т. д. Эти изображения не мешают друг другу так, что мы должны были бы признать данную конструкцию зрительной трубы совершенно непригодной, но все-таки, игрой своих цветов сильно вредят ясности и отчетливости зрения.

Только 150 лет тому назад, удалось получить зрительные трубы, которые дают почти бесцветные изображения. Полной бесцветности, к сожалению, нельзя достигнуть, ибо уменьшение светорассеяния ведет к соответствующему понижению лучепреломляющей способности. Поэтому довольствуются только уменьшением главной части светорассеяния, которое достигается установкой за окуляром дополнительной линзы из стекла другого сорта, линзы, выгнутой в обратную сторону (рис. 62). Благодаря этому, получается совпадение фокусных точек самых ярких цветов, в особенности зеленого и желтого. Зрительные трубы подобного устройства называются бесцветными или ахроматическими.

Одних рук, как вы сами увидите, недостаточно для того, чтобы можно было пользоваться большими астрономическими телескопами. Они должны устанавливаться на прочном фундаменте, как правило,—на высоком чугунном столбе, и механизм привода их движения должен быть так устроен, чтобы всегда можно было легко направить их на нужную точку неба. При этом, главная ось зрительной трубы стоит не вертикально или горизонтально, а устанавливается так, что она смотрит на полюс неба P (рис. 62). На другой оси, перпендикулярной к первой, прикрепляется сама зрительная труба. Может быть вам сначала такое устройство покажется непрактичным и мало обоснованным, однако вы сейчас сами увидите, как оно сильно облегчает задачу наблюдателя. Обратите внимание на дви-

жение звезд или, что то же самое, возобновите в памяти суточный пробег солнца. Совершенно также, как и солнце, звезды, в силу вращения земли, восходят и заходят. Они выходят из-за горизонта и поднимаются все выше и выше, двигаясь при этом все время направо, т.-е. к линии меридиана. Таким образом, едва успеешь направить подзорную трубу и поймать нужную звезду, планету и т. п., как она уже исчезла из поля зрения окуляра! Поэтому в обычных условиях, при горизонтальной установке оси трубы, наблюдатель для того, чтобы не потерять звезду из поля зрения, должен двигать трубу в двух направлениях: снизу вверх и слева направо. Если же главная ось прибора совпадает с осью вращения неба или, что то же самое, с осью вращения земли, то для того, чтобы все время держать звезду в поле зрения, нужно вести трубу только в одном направлении—слева направо.

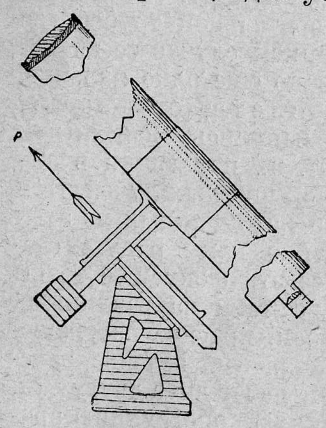


Рис. 62. Устройство и установка астрономической зрительной трубы.

Даже и поворачивание прибора в одном направлении должно было бы сильно мешать наблюдениям, если бы движение неба—зеркальное изображение вращения земли—не совершалось бы столь равномерно. Для того, чтобы не потерять из виду наблюдаемое тело, нужно только соединить ось зрительной трубы с сильным часовым механизмом, который может по желанию легко включаться и выключаться.

В этом случае звезда приводится в поле зрения—быстрое движение рукой—и ось вращения телескопа соединилась с часовым механизмом, который затем равномерно ведет прибор в точном соответствии с движением звезды и держит ее все время в середине поля зрения.

Остальные приспособления, которые вы видите, напр. на рис. 63, малая труба, т. наз. искатель, круги, ключи, винты, служат для нахождения, установки и измерения небесных тел. Об'яснение их устройства и пользования ими нас заведет слишком далеко и утомит ваше внимание. Но на одном особом применении зрительной трубы я все-таки должен остановиться.

До сих пор мы говорили только о непосредственных наблюдениях через зрительную трубу. Но что получится, если мы попробуем вместо глаза поместить в область фокусной точки нашей зрительной трубы или, как ее называют астрономы, р е ф р а к т о р а, светочувствительную фотографическую пластинку? Действительно, подобные опыты так же стары, как

самый способ фотографирования. Долгое время эти опыты не позволяли надеяться на хорошие результаты. В последние десятилетия фотография неба сделала такие неожиданные успехи, что бо́льшая часть всех астрономических наблюдений и измерений, которые производятся на современных обсерваториях, совершаются посредством фотографической пластинки.

Главное преимущество фотографии перед простым зрением заключается в том, что посредством ее можно получить изображение самых слабых звезд, невидимых глазом в зрительной трубе, даже при чрезвычайном напряжении зрения и условии совершенно ясного неба. Обратите как-нибудь в ясную ночь ваш взгляд на небо! После того как глаз понемногу привыкнет к темноте, вы увидите громадное количество слабых звезд. Если вы будете продолжать смотреть на то же место, больше не обнаружите ни одной звезды, только другие звезды покажутся вам немного ярче. Другое дело—фотографическая пластинка. Чем дольше она э к с п о н и р у е т с я, т.-е. подвергается световому действию неба, тем отчетливее потом выступают на изображении звезды, а при достаточно продолжительной с'емке получается фотография таких малых небесных тел, которых мы не замечаем даже в самые большие рефракторы.

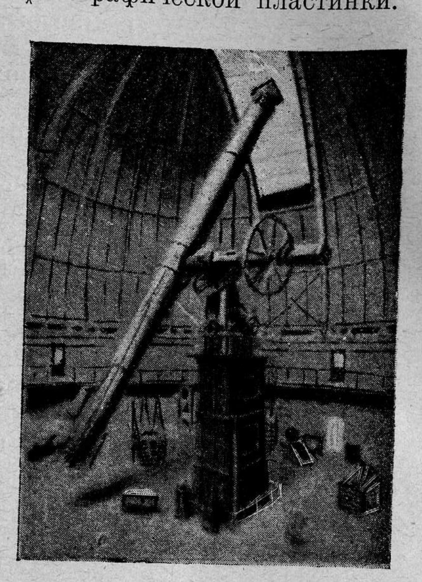


Рис. 63. Самая большая зрительная труба в мире для непосредственного наблюдения: большой рефрактор Иоркской обсерватории около Чикаго (поперечник линзы об'ектива = 102 саж.

Подобные ночные фотографические с'емки продолжаются 3,—4,—10, иногда даже больше часов. Тогда как, для получения фотографического изображения во всех подробностях леса, поля, домов и т. п., требуется всего $^1/_{100}$ секунды, астроном должен вести свою фотографическую трубу за данным небесным об'ектом, который он хочет снять, часто в течение целой ночи. В этом случае часовой механизм исполняет главную часть работы. Но его, неизбежные при этом ошибки, время от времени надо исправлять особыми ключами и т. п., и наблюдатель фактически не может остановить в течение всей с'емки своего прибора ни на одно мгновение. С удивительными результатами этой упорной, но вместе с тем благодарной работы, мы познакомимся в дальнейшем.

Можно получить изображение какого-нибудь удаленного предмета не только посредством собирательной линзы. Подобную способность обнаруживают также вогнутые зеркала, которые внутри тщательно полируются и серебрятся. В виду того, что их действие основано не на преломлении света, а на его отражении, получающееся изображение бывает совершенно бесцветно. Но они имеют тот недостаток, что изображение получается перед зеркалом (рис. 64), и наблюдатель закрывает собой часть отверстия зрительной трубы. Правда, особыми приспособлениями достигается отклонение световых лучей в сторону, но, несмотря на это, з е р к а л ь н ы е т е л е с к о п ы представляют тяжелые и неудобные приборы. Они употребляются в настоящее время почти исключительно для фотографических целей и те красивые с'емки комет и туманностей, которые я вам покажу, все без исключения сделаны позже, посредством подобных зеркальных телескопов.

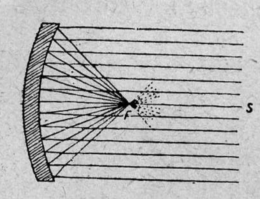


Рис. 64. Соединение световых лучей в фокусе вогнутого зеркала.

Самые большие простые и зеркальные зрительные трубы находятся в Америке. Ликская обсерватория в Калифорнии обладает рефрактором длиной в 17½ метров, поперечник об'ектива которой=91 сантиметру. Иеркская обсерватория под Чикаго имеет рефрактор длиной в 19 метров с диаметром в 102 сантиметра (рис. 63). Еще более громадны, находящиеся



Рис. 65. Ликкская обсерватория на Монт Гамильтоне (Калифорния) зимой.

там в употреблении зеркальные телескопы. Так обсерватория на горе Вильсон в Калифорнии обладает зеркальным телескопом, диаметр отверстия которого равен 2½ метрам, и одно зеркало которого весит 90 центнеров.

Установка и приведение в движение таких огромных небесных орудий может совершаться только посредством машинной силы. Прошло то время, когда астроном в таинственной тишине поверял небу свои секреты. При работах с совершенными приборами, действуют тысячи рычагов и все устройство обсерватории с ее круглыми вращающимися башнями, машинными пристройками и т. п., едва позволяет предполагать, что все эти приспособления служат для измерения неба. Но обратите внимание на следующее! Конечно, ведь очень интересно поглядеть в зрительную трубу на луну, планеты и т. п. Но значение мировых законов и об'яснения нашего положения в мировом пространстве получаются посредством менее интересных, но более существенных точных измерений. Подобно тому, как для изображения полной картины земли необходимо не только дать описание отдельных ее частей, но точно определить широту и долготу наиболее важных мест, так и астроном должен заботиться не только об описании наиболее значительных небесных явлений и ограничиться фотографиями и рисунками, но должен по возможности точнее измерить эти явления.

■■ ■■

ТРИНАДЦАТАЯ ЛЕКЦИЯ.

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ.

Действие стеклянной призмы на световой луч.—Солнечный спектр и линии Фарунгофера.—Линии поглощения паров металлов.—Светлые линии раскаленных газов.—Измерение движения звезд.

Наблюдению в телескоп сильно мешает светорассеяние, но именно благодаря ему астрономия познакомилась с целым рядом важных и интересных явлений. Тщательным изучением рассеянного и разложенного на отдельные цвета света, удалось точно определить, какие вещества находятся на солнце, звездах и кометах, настолько точно, насколько это могло быть сделано, если бы части мировых тел были проанализированы в химической лаборатории. Давайте попробуем познакомиться с началами этого важного способа, известного в науке под названием спектрального анализа.

Представим себе, что в темной комнате, в узкую щель ставен проникает слабая полоса света. При этих условиях ничего особенного не происходит. Световой луч представляет прямую

линию, в которой кружатся освещенные пылинки. Стекло, поставленное на пути луча, так же не вызывает никаких особенных явлений — луч проникает через прозрачную пластинку и идет дальше по прямой. Но, если вместо стеклянной пластинки, на его пути поставить трехгранное, шлифованное стекло, так назыв. призму (рис. 66), то пучек лучей по выходе из призмы отклонится от первоначального пути и примет новое направление; лучи как будто переломились в том месте, где была призма. Причина этой перемены направления заключается в преломлении света, вызванного двукратным изменением среды. (Воздух — стекло, стекло—воздух).

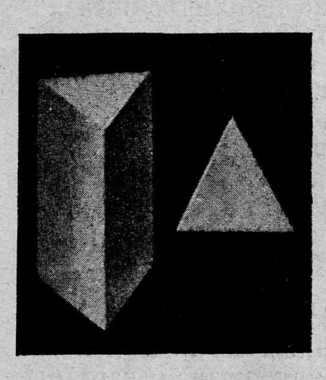


Рис. 66. Стеклянная призма. Налево—общий вид, направо—поперечное сечение.

Это лучше представлено на рис. 67. ABC призма, на которую падает луч света по направлению прямой SD. Луч из воздуха проходит в стекло, т.-е из менее плотной среды в более плотную и поэтому отклоняется к перпендикуляру падения. Вместо того, чтобы сохранить свое первоначальное направление, он его меняет и идет по прямой DE. Достигая точки E, оставляет стекло и переходит опять в воздух, т.-е. из среды с более плотным веществом в среду менее плотную и поэтому отклоняется от перпендикуляра падения по прямой EF. Таким образом, луч света, проходящий через призму, дважды преломляется и отклоняется к ее основанию AC.

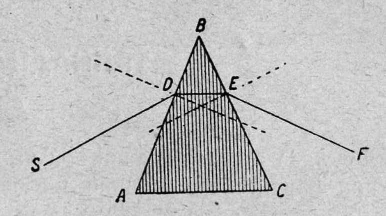


Рис. 67. Преломление света посредством призмы.

Кроме этого преломления, световой луч, проходящий через призму, подвергается еще одному изменению, о котором мы вкратце упоминали, когда знакомились с устройством телескопа, именно цветорассеянию. На пути пучка лучей, выходящих из призмы, поставим лист белой бумаги или так наз. экран (рис. 68). На экране тотчас появится изображение полосы, заключающей всевозможные цвета радуги. Сильнее всего отклоняются фиолетовые лучи, затем сверху вниз следуют: синие, голубые, зеленые, желтые, оранжевые и, наконец, красные, которые подвергнутся наименьшему преломлению. Это продолговатая цветная полоса вообще носит название спектра, в нашем случае, когда мы разлагали луч солнца на его цвета солнечного спектра.

Каким же образом получаются цвета? Давайте попробуем это об'яснить!

Повидимому солнечный свет неоднороден. Различные лучи, из которых он состоит, производящие на нас в своей совокупности впечатление белого света, преломляются призмой различно, одни больше, другие меньше. Они расходятся,

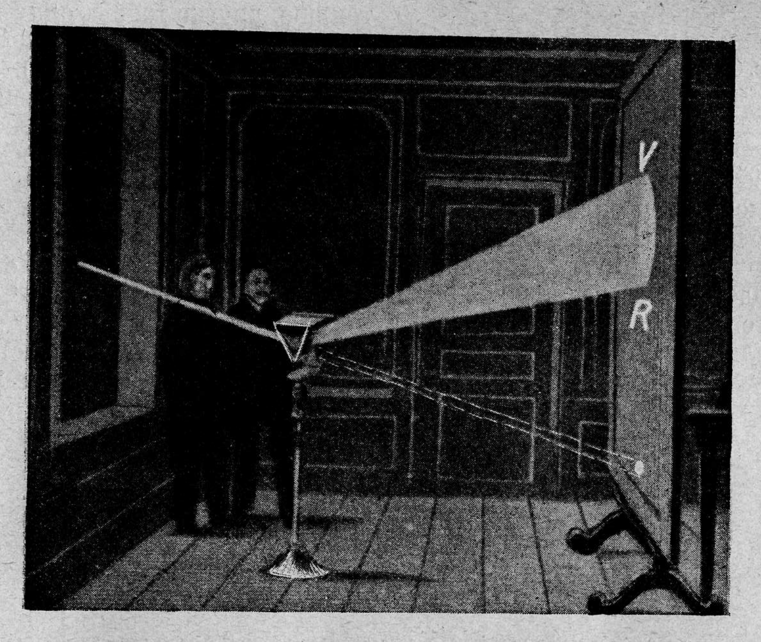


Рис. 68. Цветное рассеяние солнечного света посредством призмы. V—фиолетовый R—красный.

и каждый луч своим собственным цветом отмечает то место, которое он занимает на экране. Поэтому и получается тот своеобразный порядок расположения, характерный для каждого спектра. Поэтому в обыкновенном или белом солнечном свете различают лучи различной окраски: фиолетовые, синие, голубые, зеленые, желтые и т. п. Если соединить все эти отдельные лучи в общий пучок, получится белый свет: если же разделить их призмой, то каждый луч будет светиться своим собственным цветом. Следовательно, солнечный спектр представляет как бы лестницу всевозможных цветных тонов, где имеются все ступеньки от фиолетового до красного цвета, как клавиатура музыкального инструмента—все ноты от самых низких до самых высоких.

Попытаемся теперь ближе заняться изучением этой цветной полосы и для этого воспользуемся спектроскопом, т.-е. таким прибором, который в общих чертах состоит из щели

и одной или нескольких призм, и позволяет рассматривать спектр через увеличительное стекло. В этом случае цветная полоса, которая нам раньше казалась сплошной, будет теперь прерываться бесчисленными темными поперечными линиями. Некоторые из них будут тоньше, другие толще, одни лежат отдельно, другие располагаются группами (рис. 70). Их число и порядок расположения будет всегда одним и тем же — они являются специфической особенностью солнечного света. В физике они называются по имени ученого, впервые открывшего их, линиями Фраунгофера. Что же означают эти темные линии спектра?

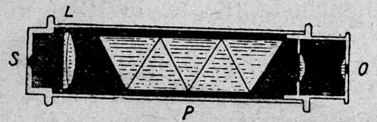


Рис. 69. Поперечный разрез прямого спектроскопа. С—щель, L—линза для лучшего соединения лучей, P — система призм, O—окуляр.

Если считать неоспоримым фактом то, что солнечный свет содержит всевозможные лучи от фиолетового до красного, то в спектре все места должны быть заняты. Однако, в действительности, в солнечном свете отсутствуют некоторые простые лучи, и призма, конечно, их не может возместить. Темные линии спектра означают, что свет солнца до нас доходит неполно. Если воспользоваться нашим прежним сравнением, то мы должны сказать: цветная клавиатура спектра несовершенна; многие клавиши, пустые места которых выдают темные полосы, отсутствуют.

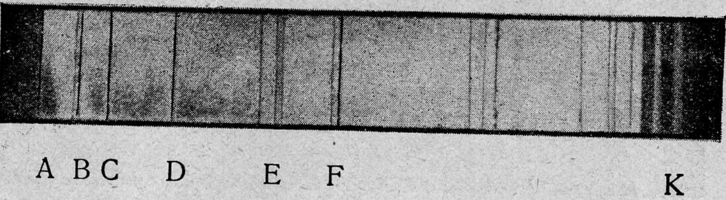


Рис. 70. Линии Фраунгофера в солнечном спектре. Налево—красная часть, направо—фиолетовая.

Свет луны и различных других небесных тел, освещаемых солнцем, приводит нас к тому же результату. Их спектр испещрен бесчисленными полосами, расположение которых вполне соответствует солнечному. Это легко об'ясняется. Луна светится отраженным солнечным светом, который приходит к нам, сохраняя все особенности своего первоначального источника. Звезды, которые в общем представляют, как мы узнаем дальше, тоже далекие солнца, дают полосатые спектры, своим строением напоминающие солнечный. Только число линий и их расположение различно для каждой звезды. Существует общее правило: все звезды неба дают спектры с темными линиями; в их цветной шкале недостает некоторых тонов, неизменных для каждого солнца в отдельности, для различных солнц—различных.

Отсутствие некоторых лучей в солнечном спектре уже само по себе является фактом немалой важности. Раз мы уже коснулись этих линий, давайте докопаемся до их причины. Прежде всего надо ответить на вопрос: возможно ли вообще получить от какого-нибудь источника света, полный спектр без темных линий? Есть ли такой свет, который содержит все без исключения цвета и оттенки?

Конечно, источники света подобного рода существуют; чтобы убедиться в этом, достаточно испытать любое твердое, раскаленное до бела тело, напр., калильную нить электрической лампы, сетку газовой горелки и т. п. Пропуская световой луч этих источников света через призму, мы получим беспрерывный, так наз. сплошной спектр, без темных линий, сплошную клавиатуру тонов от красного до фиолетового. В таком световом луче, значит полностью представлены все виды лучей, ибо здесь заняты все места спектра. Но их можно легко освободить.

Для этого воспользуемся спиртовой или газовой горелкой. Давайте выберем первую; внесем в ее пламя немного поваренной соли, представляющей соединение металла натрия с газом хлора и, когда пламя окрасится в густой желтый цвет, пропустим через него световой луч электрической лампы.

Представьте себе порядок производства опыта: с одной стороны находится электрическая лампа накаливания, которая нам служит источником света, на другой—спектроскоп, которым мы пользуемся для разложения светового луча на его составные части. Между ними поставлена горелка, пламя которой окрашено парами натрия. Этим достигается то, что световой пучек лампы может попасть на призму только после того, как пройдет через окрашенное пламя. В подобных условиях спектр не будет полным. В его желтой части появится черная линия на том месте, где в солнечном спектре—линия D (рис. 70).

Если повторим опыт и вместо поваренной соли будем вдувать в пламя спиртовой горелки мелкий медный порошок, то он окрасится в зеленый цвет и его пары поглотят часть лучей калильной лампы, что отзовется на спектре, где появится не одна, а несколько темных линий в его зеленой части. Постараемся точно запомнить число этих линий, их место и порядок расположения. Затем внесем в пламя порошок какого-нибудь другого металла, напр., железа. Тогда на спектре опять появятся темные полосы, но от соответствующих полос меди они будут отличаться своим числом и расположением. Применяя порошок свинца, серебра, олова, золота, цинка и т. п., мы обнаружим новые линии, которые характерны для

каждого взятого металла, но будут отличаться от линии двух первых металлов своим числом и местом в спектре.

Отсюда мы можем вывести заключение: если совершенный световой луч проходит через пламя, в котором находится пары какого-нибудь металла, то он теряет часть своих составных лучей; эта потеря выражается на спектре в виде темных линий, число, место и порядок расположения которых зависит от свойств испаряющегося металла.

Из этого следует, что солнечные лучи, где то на пути к земле, должны были проходить слои с парами металлов, которые похитили часть их первоначального цветного богатства. Когда спектроскопическими исследованиями земной атмосферы удалось доказать, что ею вызывается только очень незначительное количество линий Фраунгофера, то естественно пришли к взгляду, что это атмосфера солнца, которая поглощает или абсорбирует соответствующие лучи, прежде чем они достигнут воздушной оболочки земли.

Однако, подождем делать столь важные заключения только на основании наблюденных фактов, пока не повторим снова по порядку всех наших опытов! Неужели вам не бросается в глаза еще одно обстоятельство, в особенности в случае натрия и меди? Ведь мы видели, что поваренная соль, содержащая натрий, окрашивает пламя в желтый цвет; темная линия спектра электрической лампы также лежит в желтой части цветной полосы. Медью пламя окрашивается в зеленый цвет; линии поглощения медных паров также находятся в зеленой части спектра. Нет сомнения, что эти оба обстоятельства находятся в какой-то зависимости. Но каким образом можно ее определить?

Оставим пока в стороне наш источник света—электрическую лампу накаливания и попытаемся исследовать спектроскопом пламя спиртовой горелки, окрашенное натрием в желтый цвет! От сплошного спектра, который получается в наших прежних условиях опыта, почти ничего не осталось! Зато теперь спектроскоп показывает одну отчетливую желтую линию на темном фоне. Что же удивительнее всего, это то, что светлая желтая линия точно совпадает по величине и месту с темной линией, которую мы раньше наблюдали у паров натрия (рис. 71).

Что мы здесь обнаружили для натрия, в равной мере применимо к меди, железу, серебру и другим металлам. Итак, мы напали на след важного закона природы, который был открыт Киргофом в 1861-63 годах. Он формулируется следующим образом:

Все твердые и жидкие тела в раскаленном состоянии испускают свет, который при разложении призмой, дает непрерывный спектр без линий. Если на пути между источниками света и спектроскопом включить среду более холодных металлических паров, то на спектре появится ряд поперечных темных линий, имеющих для каждого поглощающего газа вполне определенное значение. Если сам газ находится в раскаленном состоянии, то тогда в спектре получаются светлые линии на темном фоне.

Изучая таким образом спектральные линии веществ, встречающихся на земле, и сравнивая их положение с линиями звездных спектров, мы, на основании разложения призмой звездного света, можем с большой достоверностью и точностью делать заключения относительно состава атмосферы этих далеких миров.

Некоторые металлы, напр. железо, показывают тысячи линий спектра и поэтому точное сравнивание и измерение положения этих линий представляет в высшей степени кропотливую работу; но путь для подобных исследований уже расчищен. Здесь тоже фотография заменяет собой прямое наблюдение и все подобные измерения производятся астрономом не у телескопа, а на фотографических пластинках при соответствующем их увеличении. Относительно результатов подобных измерений в дальнейшем будет еще кое-что сказано.

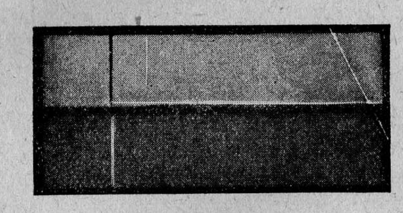


Рис. 71. Пары натрия поглощают в свете калильной лампы те лучи, которые излучаются самим натриевым пламенем.

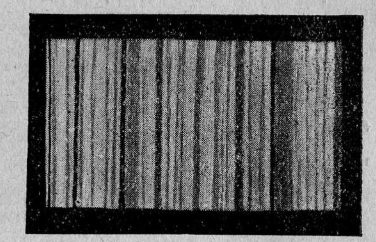


Рис. 72. Фотография некоторой части солнечного спектра около линии G.

Если рассеивающая способность призмы достаточно велика, и благодаря этому получается очень длинный спектр, то мы можем обнаружить еще нечто замечательное: их линии не совпадают с соответствующими линиями металлов,—натрия, железа и т. п., находящихся на земле, и как бы перемещаются на некоторую величину вправо или влево. Это отклонение, несмотря на то, что линии остаются в области того же цвета, иногда бывает довольно хорошо заметно (рис. 73).

Перемещение линий спектра звезд было предсказано физиком Допплером еще задолго до того времени, когда появилась возможность обнаружить его посредством наблюдения. Неизбежность этого явления и его громадное значение станет вам понятно, если вы вспомните следующее:

В прошлом мы сравнивали спектр с лестницей тонов, с

клавиатурой, обладающей бесчисленными клавишами. Воспользуемся этим сравнением и попробуем применить данные нашего опыта к разложенному на составные части свету солнца и звезд.

Мы уже знаем, что земля находится в неизмененном движении вокруг солнца, которое происходит по почти кругообразной орбите. Следовательно, земля, то приближается к звездам, то от них удаляется. Но и звезды, как мы дальше узнаем, не находятся в покое, а все время движутся в раз-

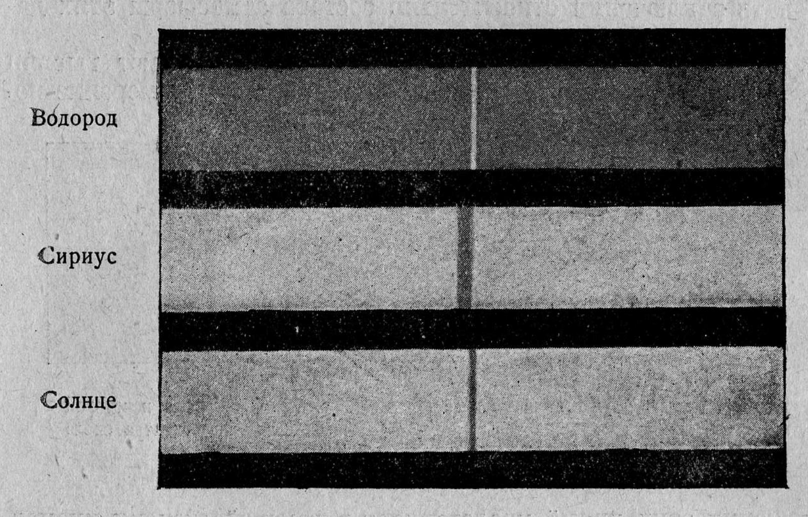
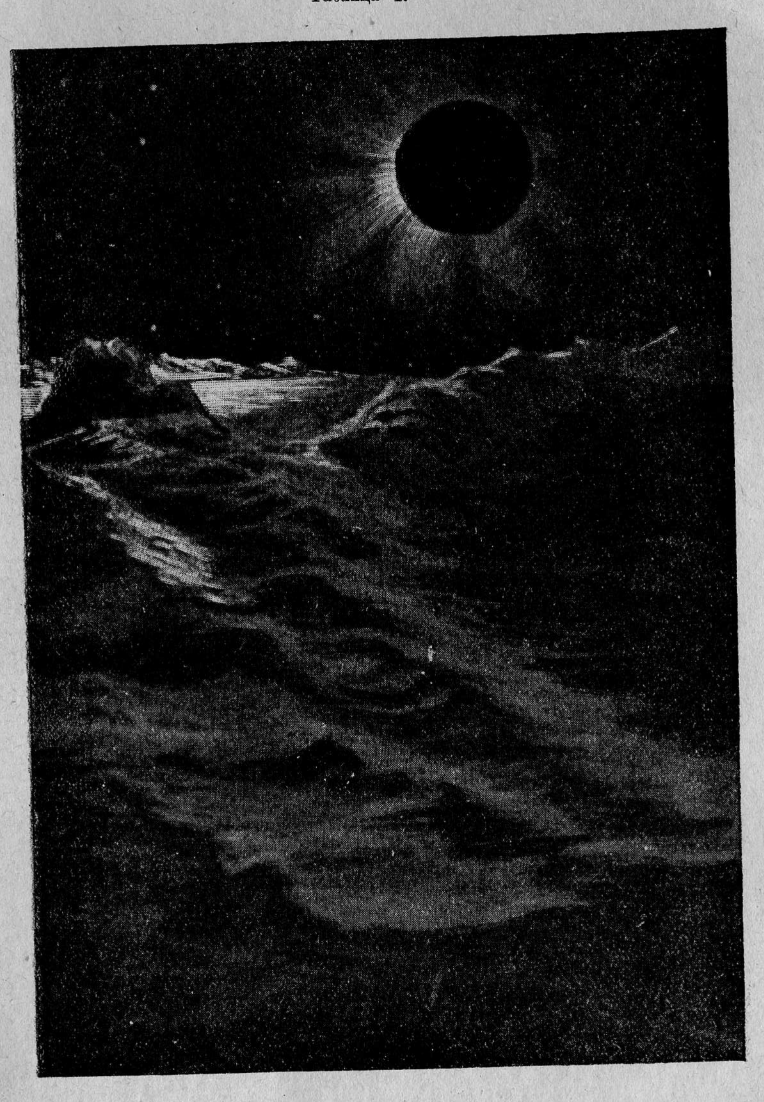


Рис. 73. Перемещения линии Фраунгофера F (водород) в спектре Сириуса вследствие движения звезды и земли.

личных направлениях. Ну, теперь,—чтобы возвратиться к нашему сравнению с звуковыми тонами,—представьте себе, что вы находитесь в поезде, который движется навстречу другому поезду, причем паровоз последнего пронзительно свистит. Неужели в этом случае вы по одному паровозному свистку не догадаетесь, что он к вам приближается или, наоборот, расстояние между двумя поездами увеличивается? Разве в первом случае высота тона свистка не повысится, а во втором— не станет немного ниже? При случае, обратите на это внимание, тогда вы убедитесь, что это действительно так.

Подобный же опыт мы проделываем с цветными тонами светового луча. Красная и желтая области спектра, которые преломляются слабее—содержат низкие тона, сильно преломленные синие и фиолетовые части — высокие тона. Каждая темная линия указывает нам на отсутствие высокого или низкого тона в нашей цветной клавиатуре. Если расстояние от земли до звезды уменьшается, то и все тона настраиваются немного выше, но так незначительно, что глаз без особых от-

Таблица 4.



Вид затмения солнца с луны.

меток никогда не обнаружит этого сдвига. Одновременно с этим все темные линии переместятся по направлению к фиолетовой части. И обратно—линии спектра звезды передвигаются к красному концу в том случае, если расстояние между звездой и землей увеличивается.

Это совсем неожиданные факты, которые вскрываются нам спектральным анализом, когда он разлагает световой луч далекого небесного тела на его составные части! Какие широкие возможности раскрывает пестрая лента спектра, мимо которой мы часто проходим, не обращая никакого внимания. В будущем, конечно, спектр нам поведает не только то из каких веществ состоят светящиеся тела мирового пространства, но из его линий мы узнаем и о том, приближаются ли к нам или удаляются от нас звезды, и с какой скоростью это происходит. Движение земли вокруг солнца тоже не скроется от нас. Теперь астрономы могут легко указать те звезды от которых, согласно взглядам Коперника, земля прямо удаляется или те, которые лежат на продолжении ее поступательного движения. Отмечая спектры этих двух групп звезд, находящихся против земли, один раз летом и раз зимой, обнаруживают некоторую разницу в положении спектральных линий, которая из года в год повторяется и обусловливается непрекращающимся движением земли вокруг солнца (рис. 73).

Таким образом, если астроном пожелает определить скорость движения звезд, совершающуеся в направлении взгляда, по смещению линий спектра, он должен учесть движение земли или некоторое время выждать, пока движение земли не сделается перпендикулярным к соединяющей линии солнца—т.-е. звезда не будет к ней ни приближаться, ни от нее удаляться.

■■ ■■

ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ ЛЕКЦИЯ.

ИЗМЕРЕНИЕ НЕДОСТУПНЫХ РАССТОЯНИЙ.

Кажущаяся близость луны.—Определения расстояния и размера недоступной башни.—Базис Берлин—Капштад, для измерения расстояния до луны.—Удаленность и величина луны.

Кто из вас не следил за луной, когда она весело гоняется за быстрыми тучами *)? С появлением ночного светила облака освещаются белым блеском и льют на землю серебряный свет. Тучи становятся гуще и луна скрывается за их подвиж-

*) Чтобы убедиться в том, что только облака находятся в движении достаточно посмотреть на луну через ветви дерева. В то время как облака все время меняют свое положение относительно ветвей, луна остается на месте.

ным занавесом и в течение нескольких мгновений только неопределенная лучистая корона обнаруживает ее присутствие за неровной облачной стеной. Затем, постепенно образовывается светлое пятно, и—луна снова появляется во всей своей ясности и с любопытством смотрит на нас с небесной выси.

При этом тысячи вопросов встают перед нами. Что представляет собой это тело, на котором мы видим как-бы черты человеческого лица? Что сторожит оно там в холодных ночных пространствах? Играет ли луна в прятки среди облаков со своим соседом землей? Из чего состоит она? Как мы должны себе ее представить?

Ну, для того, чтобы удовлетворить ваше законное любопытство, мы вместе совершим мысленную прогулку на луну!

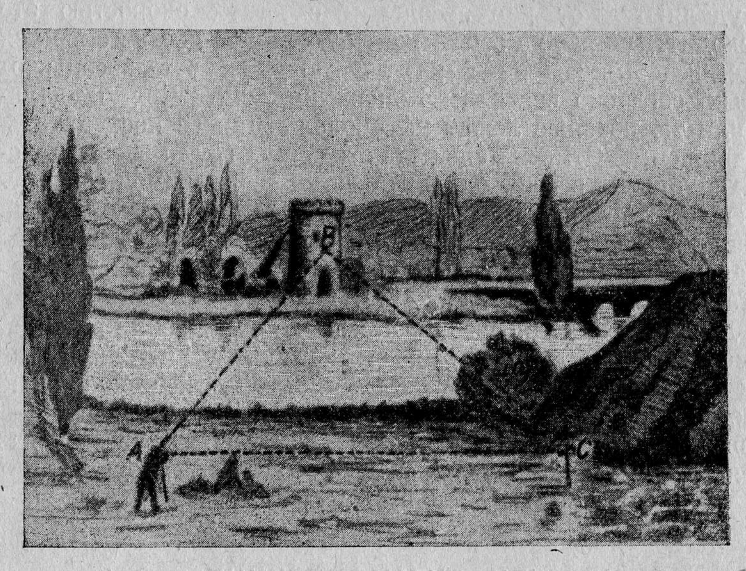


Рис. 74. Измерение расстояния до неприступной точки.

Если вы готовы, давайте отправимся... Но нет—мы еще не готовы для этого! Разумные путешественники всегда, прежде чем куда нибудь отправиться, должны осведомиться относительно расстояния, которое им предстоит пройти. Нельзя пускаться в такое большое предприятие, пока не знаем длины пути. Итак, давайте измерим расстояние от земли до луны!

Но, возразите вы, это невозможно! Кто мог бы измерить, откладывая метр за метром, мысленную линию между землей и этим светилом? Кто бы мог взять на себя труд отправиться в небесные пространства и протянуть измерительную цепь между луной и землей? Или может быть удастся измерить это расстояние как-нибудь иначе? Геометрия дает нам удивительный способ измерения посредством совсем простых углов и прямых линий. Без сомнения вы хотите познакомиться с основами этого метода. Поэтому придется путешествие, которое мы с вами намеревались предпринять на луну, временно отложить; зато вы получите большое удовлетворение, когда узнаете, что определение расстояния до любого соседнего светила является вполне осуществимой задачей. Да и числа, которые я буду впоследствии приводить, вы не должны будете принимать только на веру.

Прежде всего я попрошу вас вспомнить то, что мы узнали в первой лекции (см. стр. 17) относительно построения подобных геометрических изображений, в особенности таких, когда нам известны только некоторые их части. Но прежде, чем мы применим это важное правило к луне, займемся рассмотрением его приложений на земных примерах.

Предположим, что мы находимся в A (рис. 74) и путь AB к башне B, длину которого нам нужно определить, прегражден рекой, которую мы не можем перейти. Кроме расстояния до башни B, мы попытаемся определить ее поперечник и высоту. Для этого поставим шест на каком нибудь месте берега, где мы находимся в C. Длину базиса AC мы определяем непосредственно измерительной цепью и, положим, она будет равна 20 метрам. Затем угломером, поставленным в A мы измерим величину угла CAB, пусть он будет 72°. Потом угломер переносим в C и измерим угол BCA. Положим он будет равен 85°.

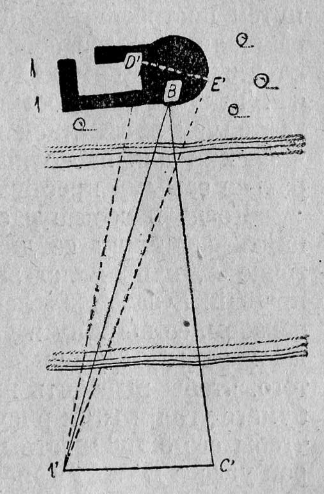


Рис. 75. Геометрический способ определения расстояния и поперечника недоступной башни.

Этими измерениями мы узнали величину двух углов A и C треугольника ABC и длину одной из сторон его AC. Все остальное, угол B и сторона AB и BC нам неизвестны, ибо река не позволяет нам двигаться вдоль измеряемого расстояния: если нам раньше (стр. 17), оторванный угол многоугольника не помешал начертить подобный ему многоугольник, так и теперь река нам не помешает точно нарисовать на бумаге треугольник ABC, несмотря на то, что все его части нам известны.

Начертим на листе бумаги прямую A^1C^1 (рис. 75) длиной в 20 миллиметров, которые будут соответствовать действительным 20 метрам базиса AC, в точке A^1 отложим угол в 72°, а в C^1 угол в 85°. Две прямых, пересекающихся в точке B^1 довершат построение; наш чертеж заканчивается сам собой и поэтому точно воспроизводит естественную картину земной по-

верхности. Вследствие того, что оба треугольника $A^1B^1C^1$ и ABC подобны, их соответствующие стороны должны быть взаимно пропорциональны. Сторона A^1C^1 равна 20 миллиметрам, тогда как AC=20 метрам. Отсюда ясно, что AB должна содержать столько миллиметров, сколько метров содержится в действительном расстоянии. Мы измеряем A^1B^1 измерительной линейкой и находим, положим, что она равна 50 миллиметрам, поэтому искомое расстояние AB=50 метрам. Вы видите: не смотря на реку, преграждающую путь, мы определили расстояние до башни настолько точно, насколько смогли бы сделать, если бы построили мост и непосредственно измерили это расстояние. Следовательно, всякое расстояние до какого нибудь далекого, недоступного предмета, можно легко определить, измерив, из двух конечных точек основной линии AC,—два угла CAB и BCA.

Вместо того, чтобы определить неизвестное расстояние AC путем построения на бумаге подобного треугольника, геометр вычисляет его из основания AB и обоих измеренных углов. Это вычисление треугольника называют т р и г о н о м е т р и е й. Таким путем достигают несравненно более точных результатов, чем рисованием подобных фигур. Но это искусство вычисления для нас слишком сложно и мы должны удовлетвориться самыми простыми построениями.

Когда известно расстояние до башни, тогда легко можно найти величину ее диаметра. Наблюдатель, находящийся в точке A, направляет зрительную трубу угломера сначала на правый, а затем на левый край башни и определяет, таким образом, ее ширину в угловой мере. Этот угол, который положим равен 10°, называется угловым диаметром башни. Для того, чтобы выразить ширину башни в метрах, мы строим на бумаге угол в 10° и рисуем основание башни в виде круга так, чтобы его окружность прошла через B^1 и касалась обоих сторон угла в D^1 и E^1 (рис. 75). Когда мы это сделаем, то рисунок самостоятельно заканчивается и, не раздумывая долго, мы соединяем только линией точки D^1 и E^1, чтобы довершить построение треугольника. Прямая D^1E^1 будет в 1000 раз меньше действительного диаметра DE башни. Положим, что измерив линейкой D^1E^1, мы нашли ее равной 9 миллиметрам; ширина башни будет тогда 9 метров. Совершенно также, мы можем из точки A путем угловых измерений определить высоту башни.

Итак, для измерения величины какого нибудь недоступного предмета, мы должны прежде всего определить геометрически то расстояние, которое нас от него отделяет. Затем определить его угловой диаметр, т.-е. измерить угол из места точки нашего стояния между двумя направлениями по двум крайним, ограничивающим предмет, точкам. Этот угол и расстояние составляют все, что нужно для разрешения задачи.

Польза, которую приносит геометрия при разрешении подобного рода задач, поистине удивительна. Далеко на горизонте, при удалении на 1.000, 10.000 метров или больше. высится какой нибудь предмет, строение, скала или что нибудь подобное. Геометрия, не заставляя сходить нас с места, сразу дает длину и размеры предмета, а ее данные настолько точны, что мы не могли бы точнее измерить, если бы производили измерения помощью мерки. Попробуем этот метод применить к луне!

Если бы мы хотели судить о расстоянии до луны по впечатлению от лунных явлений на небе, то мы впали бы в грубейшую ошибку: одно зрение нас ничему не научит. Мы видим, что светило находится за облаками, которые, как это мы знаем из горных восхождений и полетов на воздушном шаре, поднимаются на две,—три,—четыре тысячи метров. Насколько же дальше находится луна? Без помощи геометрии мы этого не могли бы решить. Поэтому обратимся к ней за помощью.

Чтобы найти необходимый базис для измерения растояния до луны, два наблюдателя становятся в двух точках земли, далеко отстоящих друг от друга. Для простоты эти две точки выбираются таким образом, чтобы они находились на одной и той же северо-южной линии, т.-е. на том же меридиане. Один из наблюдателей становится в Берлине, другой на крайней южной точке Африки, на мысе Доброй Надежды. Обоих астрономов, в Берлине и на мысе разделяет расстояние, равное почти четверти земной окружности: большой базис, необходимый для выполнения этого геометрического построения, таким образом, найден. Главное заключается в том, чтобы наблюдения на мысе и в Берлине производились одновременно, ибо ведь луна не стоит на одном месте, как башня, но все время движется и, если одно измерение сделать сегодня, а другое завтра, можно получить ошибочные результаты. Но как же на таком расстоянии сговориться относительно точного времени?

Трудность только кажущаяся. Луна, своим движением, освобождает нас от необходимости искусственно согласовывать время. Мы должны только установить, что астрономические измерения в обоих местах должны производиться в момент прохождения луны через меридиан.

Собственно, измерения ограничиваются определениями двух углов. Пусть BAK (рис. 76) будет меридиан, проходящий одновременно через Берлин (B) и через мыс Доброй Надежды (K). Пусть A будет точкой пересечения меридиана с экватором, а M—положение луны. Астроном в Берлине измеряет угол LBM, образованный вертикалью и направлением взгляда на луну; наблюдатель на мысе—соответствующий угол L^1KM, между перпендикуляром L^1K и направлением KM к луне. Это все. Нужно еще только обоим наблюдателям определить географическую широту, т.-е. расстояние их мест от экватора, что до-

стигается простыми наблюдениями соответственных высот и тогда—задача кончена. Само собой понятно, что для определения широты не требуется одновремености условий наблюдения; каждый из двух астрономов может выбрать время, которое ему покажется наиболее удобным.

Предположим, что Берлин находится на 53° северной, а обсерватория на мысе 34° южной широты и, оба астронома, одновременными измерениями луны, нашли для угла LBM 32°, а для угла L¹KM 56°. Теперь построение нашей задачи в виде чертежа и ее решение не составляет никакого труда, если мы заметили что широты, т.-е. сумма расстояний обоих мест от экватора AB и AK, составляет величину угла BOK (87°)!

Опишим окружность радиусом произвольной длины, который в данном случае будет радиусом земли (рис. 76). Затем начертим углом KOB, равный 87° и линию BM, которая образует с перпендикуляром, т.-е. продолжением радиуса, угол в 32°, следовательно, равный тому угол, который получил наблюдением луны астроном, находящийся в Берлине, Тоже самое мы делаем в точке K, где откладывали угол L¹KM равный 56°, который был получен астрономом на мысе. Обе эти прямые должны встретиться в точке M, где на нашем рисунке находится луна.

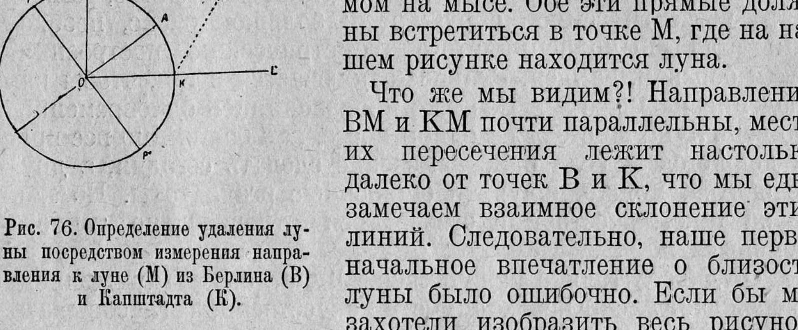


Рис. 76. Определение удаления луны посредством измерения направления к луне (M) из Берлина (B) и Капштадта (K).

Что же мы видим?! Направления BM и KM почти параллельны, место их пересечения лежит настолько далеко от точек B и K, что мы едва замечаем взаимное склонение этих линий. Следовательно, наше первоначальное впечатление о близости луны было ошибочно. Если бы мы захотели изобразить весь рисунок, с действительным пересечением линий BM и KM, то это построение надо было бы выполнить в меньшем масштабе, или, если придерживаться взятых размеров, исполнить его на длинной доске. Тогда фигура MBOK будет во всех своих частях подобна той, которую мы себе представляем между Берлином и Капштадтом с одной, и луной и центром земли—с другой стороны.

Приведенные здесь измерения не представляют собой каких-либо вымышленных величин, а являются округленным результатом наблюдений, которые были произведены в 1572 году астрономом Лаландом в Берлине и Лакайлем на мысе Доброй Надежды. Расстояние луны было известно довольно

точно еще в древности, но тогда его определяли другими более сложными методами.

Если выразить расстояние от земли до луны в радиусах земли, то окажется, что оно составит—60 земных радиусов. Следовательно, луна находится от центра земли на расстоянии приблизительно в 60 раз большем, чем длина земного радиуса. Я говорю «приблизительно» потому, что если даже не принимать во внимание неточности нашего рисунка, это расстояние меняется в зависимости от положения светила. Наибольшее удаление равно 64, наименьшее—56, среднее —60,3 земным радиусам, длиной по 6.370 километров каждый. В среднем, значит, нас отделяют от нашего спутника 348 километров.

Следовательно, наш глаз, который считает, что луна находится непосредственно за проходящими облаками, нас грубо обманывает. В действительности, она стоит необычайно далеко за этим морем туч. Чтобы можно было достигнуть луны надо положить друг на друга 30 земных шаров. Веревкой соответственной длины, можно было бы обернуть землю вокруг экватора от девяти до десяти раз. Если выпустить пушечный снаряд на луну, предполагая, что он все время сохраняет свою начальную скорость в 400 метров в секунду, то прошло бы 11 суток, прежде чем он успел бы достигнуть луны, а паровоз, делая в час 80 километров, приехал бы туда только через 6—7 месяцев.

Если луна находится от земли на таком громадном расстоянии, то в действительности она должна быть значительно больше, чем она нам кажется. Во всяком случае расстояние сильно уменьшает ее для глаза. Но для того, чтобы определить ее действительную величину, мы должны проделать все то, что мы делаем с башней: сначала определить ее угловой диаметр, а затем согласовать этот угол с расстоянием. Направляя трубу угломера поочередно на верхний и нижний края светила, мы находим, что угол, образованный этими двумя направлениями, составляет половину градуса. Нарисуем подобный угол, отложим на обоих его сторонах по 60 сант., которые нам изобразят 60 земных радиусов, тогда линия, завершающая построение равно-

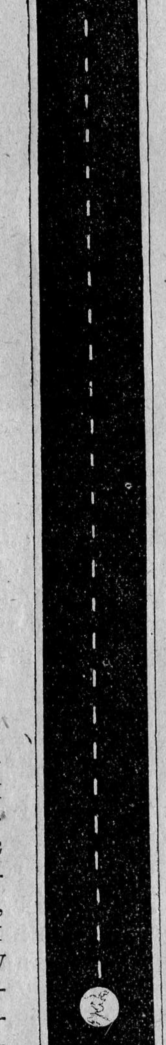


Рис. 77. Земля и луна при правильном соотношении размеров и расстояний.

бедренного треугольника, будет действительным диаметром луны, равным одной четверти, или точнее 3/11 диаметра земли. Значит луна будет тоже громадным, но заметно меньшим нежели земля, шаром. Так как радиус луны составляет 3/11 земного радиуса, то окружность луны будет равна земной окружности, помноженной на это число, т.-е. составит 10.000 километров. Отсюда дальше следует, что об'ем луны составляет только пятидесятую часть земли.

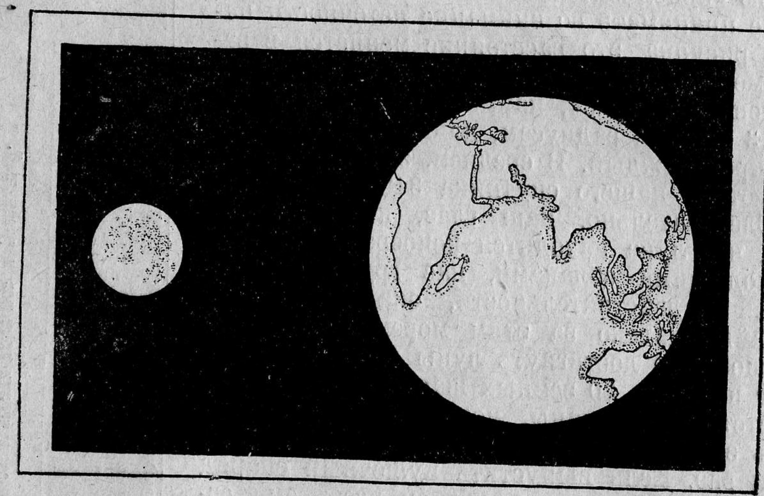


Рис. 78. Относительные размеры луны и з. мли.

После того, как нам стало известно расстояние и величина нашего спутника, мы можем предпринять предполагавшееся путешествие на луну. Дорога длинна, но мысль летит быстрее и в одно мгновение проходит расстояние в 30 земных радиусов, отделяющее нас от ближайшего небесного тела мирового пространства.

■■ ■■

ЛЕКЦИЯ ПЯТНАДЦАТАЯ.

ПРОГУЛКА НА ЛУНУ.

Путешествие на воздушном корабле в высших слоях земной атмосферы.— Пустое пространство.—Взаимное притяжение луны и земли.—Сила тяжести и вес на луне.—Виды и величина лунных гор.

Жгучее беспокойство и высочайшее напряжение овладевают тем, кто впервые входит в корзину воздушного корабля, для совершения под'ема на шаре. Через несколько секунд толпа, собравшаяся смотреть на полет, становится похожей на взволнованный, жалкий муравейник; город уподобляется куче белых игральных костей, которые свободно уложатся на ладони руки.

Вот приближается туча! Воздушный корабль погружается в ее туманное тело и совсем исчезает в ней. Еще немного выше и шар выплывает из ее серой дымки, как морское чудовище, появившееся на поверхности вод, чтобы набрать в легкие воздуха; затем поднимается еще выше в одинокие, прозрачные, освещенные солнцем высоты. На высоте 11.000 метров он достигает той наибольшей высоты, которая до сих пор, вообще была достигнута человеком. В промежутках между отдельными облаками воздухоплавателю удается увидеть в туманной дали землю, лежащую на головокружительной глубинє. Какая нибудь дюжина канатов и ивовая корзина удерживают его над бездной! Что если эта легкая лодка перевернется, и он полетит вниз с высоты 11.000 метров! Кровь застывает в жилах, когда подумаешь об этом! В три четверти минуты, с конечной скоростью 465 метров в секунду, т.-е. со скоростью пушечного снаряда, достигнет несчастной земли и останется лежать на ней в виде бесформенной массы.

Но нам хочется еще дальше подняться, еще выше, чем это удалось воздухоплавателю, так как наше путешествие, конечно только мысленное, должно в конечном счете привести нас на луну!

По дороге нам удается обнаружить еще ряд интересных атмосферных явлений. Только в нижних слоях воздуха, приблизительно, на высоте в 8 километров появляются облака. Выше воздух настолько редок, что там туман появляется только в виде исключения. Следовательно, высшие области атмосферы постоянно ясны и прозрачны. Здесь нас не сможет напугать непогода, или гром и молния.

С увеличением расстояния от земли, температура быстро понижается. Уже на высоте нескольких километров, сильно чувствуется холод, а верхние прозрачные слои воздуха, несмотря на солнечные лучи, блеску которых здесь ничто не мешает, круглый год имеют настолько низкую температуру, что она не уступит самым суровым дням нашей зимы. Воздух становится все реже и его скоро перестает хватать для наших дыхательных органов. Некоторые отважные воздухоплаватели, проникавшие глубже других в воздушное море, в конце своего под'ема, приблизительно, на высоте 11.000 метров теряли сознание, коченели от холода и почти задыхались от недостатка воздуха. Следовательно, на высоте свыше 8 километров, жизни воздухоплавателя угрожает опасность. Только игрой нашего воображения можем мы подняться над поверхностью земли еще выше.

Но что это такое? Среди бела дня небо зловеще темнеет. Голубое небо исчезает, и его роскошная лазурь превращается в глубокую черноту; в присутствии солнца наступает что-то вроде ночи. Причину этой темноты легко понять. Мы про-

летели бо́льшую часть земной атмосферы. Светящаяся, воздушная оболочка становится все тоньше и через эту легкую дымку показываются небесные пространства, где нет вещества, способного освещаться, где не может быть ясного дня и они выступают в их естественном мраке.

Скоро мы достигаем области бесконечных пространств неба, где солнце изливает свои лучистые потоки, не вызывающие более ясной прозрачности дня. В то время, как мы видим пространства вселенной в их черной глубине, а звезды— в их несравненном блеске, — бледнеет огненный свет солнца. Ночь наступила среди бела дня, и мрак царит в области света. Никакой шум не доносится с земли, не мог бы нарушить покоя даже взрыв, раздробивший всю землю, ибо в пространстве, лишенном вещества, появление звуков невозможно.



Рис. 79. Фотография луны во время полнолуния. Наверху—север, внизу—юг.

Кругом господствует жестокий холод, который убил бы землю, если бы у нее не было защитной воздушной оболочки. Там где нет веществ способных нагреваться, свет и тепло солнца недеятельны. Вычислениями было найдено, что температура этих небесных пустот должна быть приблизительно 270° ниже нуля. Вы, конечно понимаете, что в этих смертоносных условиях, при полном отсутствии воздуха и необыкновенно низкой температуре исключена всякая возможность жизни. Будем ли мы продолжать нашу прогулку через эти сомнительные пространства? Почему же нет? Сила нашего воображения пренебрегает опасностями и несет нас туда, куда мы хотим!

Бесполезно нам задерживаться в этих пустых пространствах! Наша цель—луна: не будем терять напрасно времени! Но места, чем нибудь замечательные, мы не пройдем мимо, не задержавшись там, хотя бы на мгновение. Такой интерес возникает у нас относительно места между луной и землей, которое разграничивает оба мировых тела в смысле силы их взаимного притяжения. Но попробую выразиться понятнее.

Земля также, как и луна, проявляет свои силы притяжения на все тела, находящиеся вблизи от них и стремится притянуть их к себе. Но в виду того, что сила притяжения

пропорциональна массе, то поэтому земля, которая значительно больше луны по размеру и массе, на одинаковом расстоянии имеет перевес над своим более слабым противником. Но, с другой стороны, как мы знаем, сила притяжения уменьшается с квадратом расстояния. Если тело, притягиваемое луной, находится от нее достаточно близко, то ее маленькая масса покрывается меньшим расстоянием, и тогда сила притяжения луны будет равна, а может быть даже и больше силы земного тяготения. Из вычислений следует, что точка, где обе силы взаимно уравновешиваются, находится на $^9/_{10}$ части расстояния между ними, считая от земли; если исходить от луны это будет всего $^1/_{10}$ расстояния. По эту сторону границы областей тяготения управляет земля, по ту—луна. Итак, всякое тело, находящееся на линии, соединяющей луну и землю, в зависимости от своего положения относительно этой точки, будет подвержено действию притяжения или первой, или второй и, следовательно, должно упасть на одну из них.

Скоро мы достигаем этой точки. До этих пор наша голова была обращена к луне, а ноги—к притягивающей нас земле. Теперь, чтобы попасть на луну не головой, а ногами, мы должны изменить свое положение и, в некотором роде, как бы это не звучало странно, встать на голову. Конечно, рассудок нам говорит, что после того как мы перешли границу, мы уже больше не принадлежим земле, а находимся во власти луны, сила притяжения которой здесь побеждает земную. Теперь луна—притягивающий нас шар, находится внизу; над нами—земля, притяжению которой мы больше не обязаны повиноваться. Начиная с этого момента наше путешествие перестает быть под'емом, и мы спускаемся. С высоты в 40.000 километров падали мы на луну; ее сила притяжения влечет нас к себе с увеличивающейся скоростью. Страх обуял нас при мысли, что воздухоплаватель может упасть с высоты 11.000 метров; что же это по сравнению с тем, когда мы сами должны низвергнуться с высоты в 40.000 километров? Как хорошо, что это только мысленное путешествие! Падение на поверхность луны, которое было бы роковым для тела, не может смутить нашего духа.

Однако, куда мы прибыли? То, что у нас под ногами и то, что мы видим вокруг, это—камни, настоящие скалы, нагроможденные кругом в ужасном беспорядке. Луна значит также, как и земля—шар с каменной поверхностью. А что здесь камни так же тяжелы, как и на земле? Вон лежит большой кусок камня, который на земле должен был бы весить около 100 килограммов. Мы его с легкостью поднимаем. На земле мы не могли бы так легко двигать равный ему по величине деревянный чурбан. Странная страна, где камни весят немного больше пробки! Но мы сами уменьшились в весе.

Своеобразное ощущение говорит нам, что тело стало значительно легче. Мы еле—еле чувствуем свой вес, и ноги едва ощущают давление почвы. Походка стала неуверенной—мы не можем рассчитывать свой шаг. Мы слишком легки для силы, которую производим; напряжение, которое мы применяем для того, чтобы итти, не согласуется с величиной действительного сопротивления. Отсюда и происходит смешная неловкость при ходьбе, а мы ведь раньше думали, что нет ничего проще в мире! Я надеюсь, что мы скоро привыкнем к этому и будем в состоянии взобраться на окружающие откосы, которые возбуждают к себе сильнейший интерес; а пока давайте подумаем над причиной факта уменьшения веса.

Вес тела не является его специфическим свойством, которое неразрывно связано с ним, как напр. его форма и масса. Отнесите данный предмет на двойное расстояние от центра земли, тогда его вес, т.-е. стремление падать, уменьшится в четыре раза, хотя бы никто ничего не прибавлял к нему и ничего от него не отнимал. Следовательно, вес является следствием силы тяжести, проявленной на данное тело; он увеличивается пропорционально притягивающей массы и уменьшается с квадратом расстояния. Если под словом «тяжесть» мы разумеем стремление притягиваться к определенному центру, то вес тела зависит от притягивающей массы и расстояния до этого центра. Масса луны, как это было найдено измерением ее действия на жидкие части земной поверхности,—океаны, т.-е. измерением силы ее притяжения, равняется одной восьмидесятой части земной массы. Следовательно, каждое тело, должно весить в восемьдесят раз меньше, чем на земле, принимая тоже расстояние от центра притяжения, что и на земле. Между тем, если радиус луны составляет только около одной четверти земного, то это меньшее расстояние отчасти заменяет собой недостаток массы. Принимая это во внимание, можно вычислить, что на поверхности луны, все тела весят в шесть раз меньше, чем на земле.

Понимаете теперь почему каждый шаг на луне является своего рода непроизвольным скачком? По старой привычке мы поднимаем ногу так, как будто расчитываем преодолеть сопротивление ее земного веса, тогда как, дело идет о преодолении только одной шестой части ее первоначального веса.

То место лунной поверхности, куда нас завел случай, мало чем к себе располагает. Почва кругом поднимается крутыми голыми откосами, образуя конусообразную пропасть, как бы широкую воронку, глубина которой теряется в непроглядном мраке и беспорядочном нагромождении круглых камней. Как край громадного заброшенного колодца зияет над нами зубастая пасть каменного пояса, покрытая бесчисленными трещинами. Нет сомнения, что мы упали на дно кратера вулкана. На земле подобное положение было бы роковым. Здесь же это для нас не представляет никакой опасности, по крайней мере астрономами ни разу не было замечено ни одного извержения лунных вулканов, и мы должны считать, что они навсегда прекратили свое действие. С чувством некоторой неуверенности мы покидаем эту круглую воронку, чтобы осмотреть, с одной из вершин вала, покрытого расщелинами, окружающую нас местность.

Вряд ли вам когда приходилось видеть такую своеобразную поверхность. Бесчисленные конуса кратеров тесно примыкают друг к другу, на севере, на юге, направо, налево, маленькие, большие, везде, куда только достигает взгляд, единичные или группами, то ровные, то покрытые побочными кратерами, как отвратительными бородавками. Некоторые кратеры еле заметно приподнимаются над поверхностью, другие могут поспорить с величайшими вершинами земли. Здесь, одни расположились на возвышенности, другие, наоборот, поместились в громадных углублениях, об'ехать которые можно только потратив многие дни. Между ними, в равнинах и долинах, мы замечаем опять своеобразные неровности, низкие, гребнеподобные возвышенности, покрытые трещинами, и вообще вся поверхность поражает своим особенным шероховатым складом, ландшафтом, какой на земле встречается только в виде исключения. Для того, чтобы так взрыть почву, здесь без сомнения должны были иметь место сотрясения неслыханной мощности!

То, что мы видим с вершины нашего наблюдательного пункта, везде повторяется на лунной поверхности. Она представляет безотрадную картину и напоминает, если мы наше сравнение увеличим до крайности, известные области южной Франции или Эйфель, которые покрыты старыми, потухшими вулканами. Кроме нескольких больших ровных площадок, которые неправильно называются «морями», поверхность луны обнаруживает везде одинаковый гористый, неровный характер. Самая общая форма гор представляет возвышенность, с воронкообразным углублением на вершине, окруженным громадным валом или котловиной, в средине которой часто возвышается еще скалистый купол или вершина другой горы (рис. 80). Являются ли все эти кратеры отверстиями вулканов, как это всегда бывает на земле? Их громадные размеры делают это предположение маловероятным. Кратер Гримальди имеет диаметр в 250 километров. Пролемей—180, Коперник—95, Тихо—80. Что же значит в сравнении с ними кратер Везувия или Пика Тенерифа, ширина которых измеряется только 200 или 150 метрами! В то время, как самые маленькие лунные вулканы еще можно сравнить с земными вулканами, то другие, громадные кольцевые валы напоминают скорее кругообразные кратерные котловины, какие мы встречаем напр. в Пиринеях. Они не представляют собой действующих или по-

гасших огнедышащих гор, как Везувий и Этна, а являются образованиями другого происхождения. Повидимому земная поверхность, под действием давления внутренних сил, постепенно приподнималась, образовывался как бы громадный волдырь, который затем в середине проваливался, оставляя ступенчатое кольцо отвесных валов.

Однако, какое несоответствие между величиной котловинообразных долин луны и им подобными земными образо-

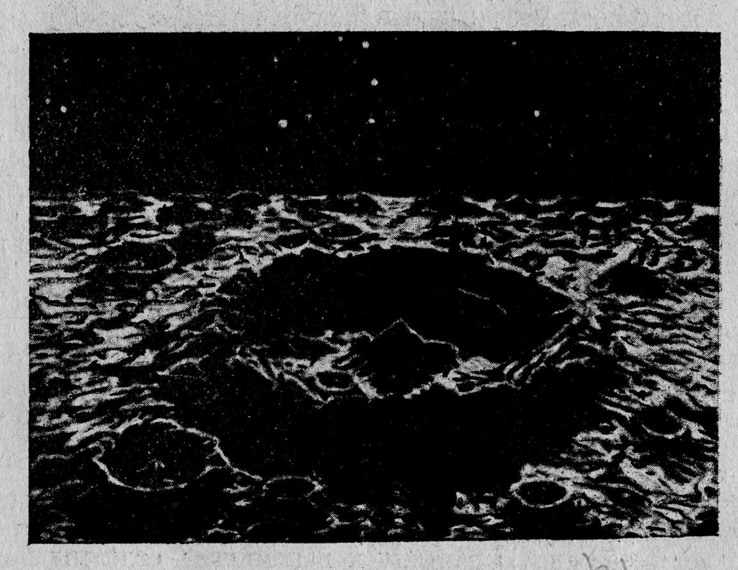


Рис. 80. Нормальный лунный ландшафт. При ненормальном рассуждении

ваниями! На юг от Хеаса, в Пиринеях, есть пропасть в окружности около 15 километров. Только некоторые вершины ее стен достигают вышины 3.000 метров. На ее дне блуждают бесчисленные стада, но редко достигают они границы кольцевого вала. Три миллиона человек не могли бы ее заполнить, десять миллионов все-таки имели бы место на террасах ее стен. Несмотря на это, величественная котловина Пиринеев не больше, не меньше, как жалкая яма по сравнию с кратерами луны, имеющими 400—600 километров в окружности. Также и внутренность лунных кратеров имеет большую глубину, ибо надо заметить, что дно лунных котловин часто находится ниже уровня поверхности.

Кроме громадных размеров, эти неровности лунной поверхности обращают на себя внимание еще и кой-чем другим, в высшей степени занимательным. Это—несоразмерно громадные вершины, в сравнении с небольшой величиной самого небесного тела. Из 1.000 лунных гор, высота которых была измерена, шесть выше 6.000 метров и около 30 выше вершины

Монблана в 4.810 метров. Лунная вершина гор Лейбница с ее высотой в 9.000 метров могут сравниться с Монт Эверестом и Кандшиндшингой—высочайшими горами земли. Если принять во внимание малую величину луны, то громадная высота ее вершин сделается еще более странной. В то время как высота Монт Эвереста составляет 740-ую часть земного радиуса, вы-



Рис. 81. Луна вскоре после первой четверти в зрительной трубе. Изображение обратное.

сочайшая гора луны равна всего 193-ей части радиуса луны. Из этого сравнения высоких гор земли и луны видно, что относительная величина гор на луне в четыре раза больше, нежели на земле. Причина этого странного явления вероятно

лежит в том факте, что вес на луне в шесть раз меньше земного. Горы на луне также, как и на земле, образовались действием внутренних сотрясений планеты и отсюда понятно, что одина и та же сила напряжения производит большое действие там, где вес поднимаемых масс окажет в шесть раз меньшее сопротивление.

Одна вещь с полным правом приводит вас в удивление. Я в метрах даю ширину лунных кратеров и высоту ее вершин. Можно ли этим числам доверять? Разве можно с земли измерят высоту лунных гор? Да, можно, и даже без особенного затруднения; к сожалению, наши геометрические познания настолько ограничены, что я не могу осветить задачу во всей ее широте. Но, все-таки, постараюсь вам показать на чем, собственно, основываются исследования подобного рода.

Если направить, даже и не очень сильную, зрительную трубу на луну, то будет казаться, что вся ее поверхность покрыта бесконечным множеством круглых или овальных пятен, приподнятые края которых очень ярко блестят. Это можно видеть лучше всего во время первой или последней четверти, когда видимая часть светила уменьшается до половины (рис. 81). Но скоро можно различить, что эти круглые пятна представляют собой кратеры. Внутренняя сторона этой пропасти, обращенная к солнцу, залита светом, тогда как противоположный скат находится в глубоком мраке. Кажется, что острия кольцевого вала сверкают, а самый вал бросает сзади на равнине резкую черную тень. По длине этой тени, которую измеряют в зрительной трубе и сравнивают с диаметром луны, величину которого мы с вами определили, вычисляют вышину и глубину ее кратеров. Можно этой же цели достигнуть иным путем. Если бы лунная поверхность была совершенно свободна от всяких неровностей, то линия, разделяющая области, освещенные солнцем и темную часть, была бы совершенно правильной. При тщательном исследовании луны в телескопе можно заметить, как по другую сторону границы тени появляется большое количество освещенных неровностей, в особенности отдельных, светящихся точек. Это—вершины гор, которые благодаря своей вышине получают солнечный свет раньше, чем окружающие равнины и уже светятся тогда, когда у их ног все еще погружено в ночной мрак. На основании расстояния этих светящихся точек от сплошной теневой границы, можно судить о высоте определенных гор; ибо, чем выше поднимается вершина горы, тем раньше на нее упадут лучи солнца.

■■ ■■

ШЕСТНАДЦАТАЯ ЛЕКЦИЯ.

ФИЗИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ.

Кольцевой вал Тихо в качестве примера лунного кратера.—Светловые полосы и борозды.—Недостаток воздуха и воды.—Достижения зрительной трубы.

Теперь следуйте за мной на те скалистые, расположенные в круг, горы, что поднимаются там направо (верх рис. 81). Они принадлежат кратеру Тихо. Смотрите, как скалистый вал с отвесными стенами замыкается в один большой горный круговой хребет, всю окружность которого глаз не в состоянии охватить. Поперечник этого гигантского амфитеатра равен 80 километрам, его окружность—250 километрам. Высота его стен местами достигает 5.000 и более метров. Чтобы заполнить эту колоссальную пропасть не хватит трех величайших земных гор—Чимборассо, Монблана и Пика Тенерифа. Неровное дно этой котловины покрыто громадными складками и морщинами. Это дно, как и стены кратера, светится редким блеском и получается впечатление какого то кристаллического вещества, выступившего на поверхность из центральных частей мирового тела. В середине кратера возвышается гора вышиной в 2.000 метров, которая поднимает к небу свою вершину подобно величественной пирамиде.

Наружные части кратера светятся не так ярко. Но на серой поверхности за валом, мы замечаем какие то полосы, расходящиеся по всем направлениям, подобно лугам, которые блестят так же ярко, как середина и внутренние стены кратера. С земли они бывают особенно отчетливо заметны во время полнолуния, тогда они кажутся светлыми нитями, расходящимися по всем направлениям от кратера (см. рис. 79) и их удается проследить на протяжении многих тысяч километров. Кратеры Кеплера, Коперника и другие обладают такими же загадочными полосами. Эти световые жилы никогда не отбрасывают тени и, следовательно, находятся на одном уровне с поверхностью.

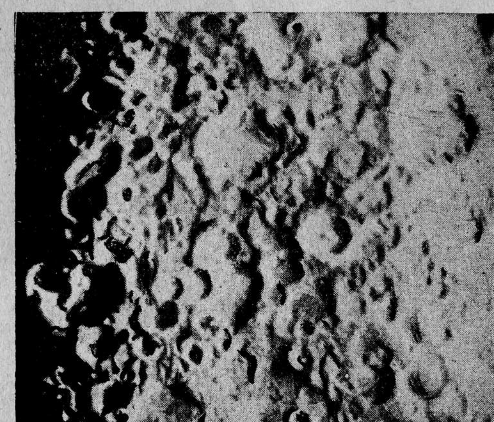


Рис. 82. Окрестности кратера Тихо на южном полушарии луны.

Из этого явления можно сделать вывод, что в то время, когда на луне имели место сильные извержения, придавшие ее по-

верхности теперешнюю форму, почва луны распадалась трещинами, которые шли звездообразными лучами от центра сотрясения, подобно разбитому камнем оконному стеклу. Затем эти трещины были заполнены стеклоподобной массой, того же происхождения, как и вещество дна и внутренних стен кратера.

Похожие, но незаполненные, расщелины можно обнаружить и в других лунных областях. Эти гигантские откры-

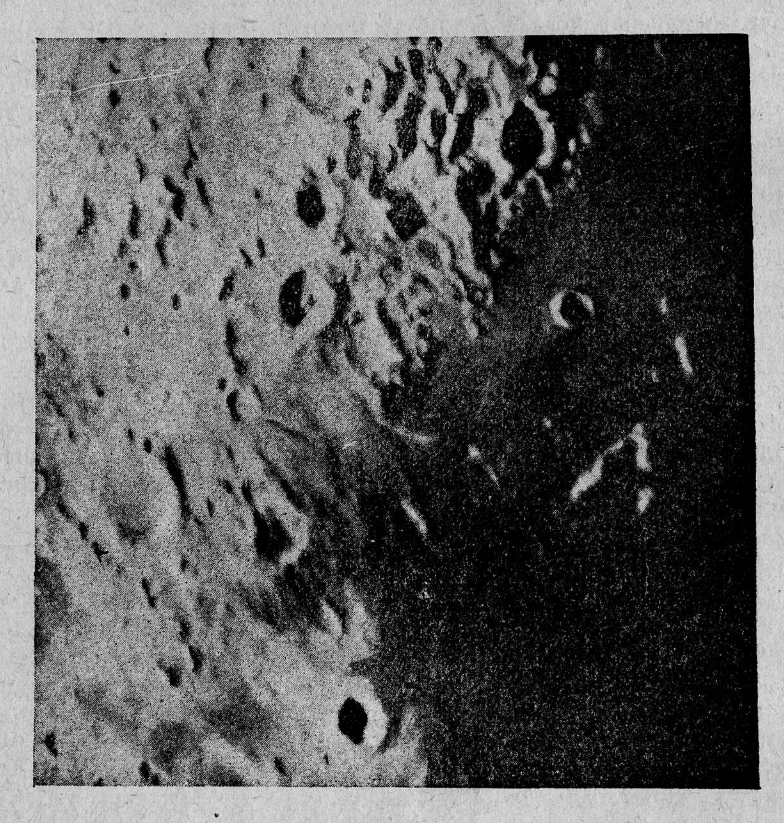


Рис. 83. Главная область лунных борозд поблизости от кратеров Година, Агриппы и Триснеккера.

тые трещины называют лунными *бороздами*. Некоторые из них тянутся в одиночку, другие соединяются между собой вроде кровеносных сосудов и переплетаются (рис. 83). Они достигают длины от 16 до 200 километров, а ширина доходит до 1½ километра. В полнолуние они кажутся белыми линиями, ибо тогда вся их поверхность бывает освещена. Они кажутся в виде черных полос тогда, когда находятся на границе света, тогда косые солнечные лучи задерживаются краями

трещин и бросают темные тени в их глубины. Вероятно эти расщелины образовались во время последних смещений, которые испытала почва луны в процессе своего развития. Во всяком случае их образование относится к более позднему времени, чем возникновение кратеров, ибо мы находим борозды, входящие внутрь кратера, окружающий вал которого они прорезывают. Другие огибают кратер и затем на равнине принимают опять свое первоначальное направление.

Вместе с неправильным характером лунной почвы, наблюдателю бросается в глаза еще один факт: удивительная резкость света и тени, необычайная яркость освещения лунной поверхности. Уже по одному этому можно догадаться, что мы имеем дело с явлениями неземного порядка, где приходится отрешиться от обычных представлений о распределении света и тени. У нас, на земле, мы можем точнее определить расстояния, ибо все предметы мы видим через более или менее густую дымку и степень окраски дает нам возможность судить о расстоянии до данных предметов. Здесь же, на луне, горизонт не представляет собой неопределенной размытой линии, но, наоборот, резко очерченный круг, в котором удаленнейшие горные острия блестят с силой света, равной ближним вершинам. В местах защищенных от солнца не получается той ступени, которая нам знакома, а сразу падает резкая тень и рядом с ярким светом находится полная темнота. Наблюдая луну с земли в простую зрительную трубу, лунные тени нам кажутся глубоко черными и резко ограниченными, как чернильные пятна на белой бумаге. Следовательно, на луне нет рассеянного света и сумерек: при заходе и восходе солнца, день и ночь наступают внезапно, без всякого перехода; день—в ослепительной яркости света, ночь—в глубоком мраке. Небо здесь не кажется голубым сводом; днем ли, ночью ли, в присутствии солнца, или в его отсутствии, небесное пространство находится в зловещей темноте, немного смягченной блеском ничем не затуманенных мировых светил (рис. 84). Находясь под этим черным, усыпанным звездами, небом, перед лицом лунного ландшафта, с тенями от бесчисленных кратеров подобных привидениям, не верится, что находишься в царстве действительности.

Уже впечатление, полученное нами до сих пор от луны, говорит за то, что она, повидимому, лишена воздушной оболочки подобной той, какую имеет земля. Естественным следствием этого является отсутствие рассеянного света и сумерек, необычайная резкость теней и темное небо, усыпанное звездами среди бела дня.

Одно очень простое наблюдение говорит нам, что атмосфера луны, если она вообще таковой обладает, неспособна к образованию облаков. Если бы там действительно были облака, то мы должны были бы с земли их заметить в виде

белых пятен, проплывающих на фоне диска светила. Но в зрительную трубу не удалось обнаружить ничего подобного. Если небо прозрачно, то луна бывает всегда видна в совершенной чистоте; никакое облачко, никакая туманная дымка, ни на одно мгновение, не мешают отчетливо видеть поверхность нашего спутника во всех его подробностях.

Атмосфера имеет определенное свойство смягчать переход от дня к ночи, и этого свойства она, конечно, не могла бы лишиться и на луне. С верхних слоев воздушного моря, которые освещаются раньше или позже, чем поверхность земли, свет отражается и обусловливает утренние или вечерние сумерки, эти предвестники дня или ночи. Наблюдатель,

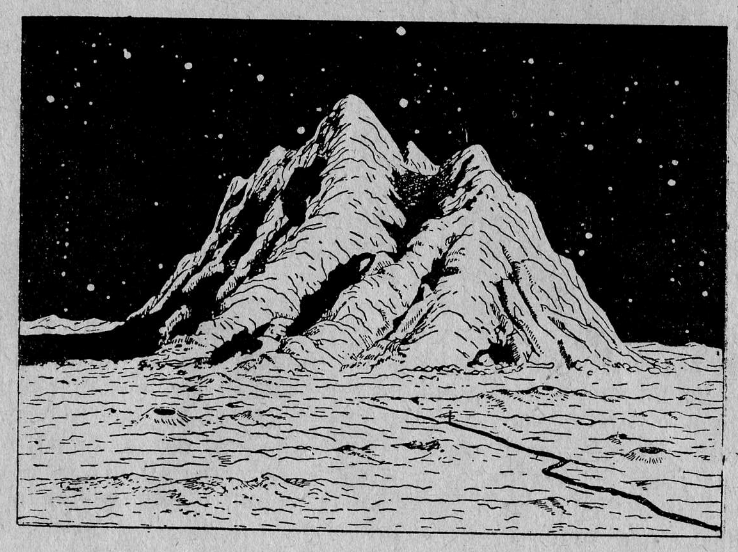


Рис. 84. Лунная гора Пико (по Наспиту).

которому удалось бы наблюдать земной шар на расстоянии, никогда бы не заметил линии, резко разграничивающей темную и светлую части, но всегда бы обнаружил между областью тени и света неопределенную матовую зону.

Ничего подобного не наблюдается на луне. Темная и освещенная части разграничиваются резкой линией, без переходной зоны сумеречного света. Если, таким образом, на луне нет сумерек, то отсюда можно сделать один определенный вывод: если даже луна и обладает воздухообразной оболочкой, то последняя должна быть в тысячу раз реже нашей атмосферы. Пустота, достигнутая лучшими воздушными насосами, также богата материальными частичками, как предполагаемая лунная атмосфера.

Раз луна лишена атмосферы то отсюда напрашивается вывод об отсутствии воды. Если бы на ней были большие моря, озера, пруды, то, конечно, здесь должно было бы, как и на земле, иметь место испарение. Вследствие четырнадцатидневного непрерывного солнечного освещения, испарение здесь достигло бы огромной величины и окутало бы луну плотным тучевым и туманным покровом. Но такового никто никогда не замечал и потому почва луны везде совершенно суха.

Несмотря на это, астроном употребляет выражения: «болота», «озера», «моря», (по латински: palus, lacus, mare) для обозначения определенных частей луны. Говорят о медовом море, море кризисов, туч, паров, бурь, веселости, об озере грез, о болоте сна и т. д. тогда, когда хотят обозначить те серые плоскости, большинство которых мы видим уже простым глазом. Это все, мало подходящие, но благодаря продолжительному употреблению, получившие право гражданства выражения. Если направить зрительную трубу на эти мнимые моря, мы увидим ровные площадки с кратерообразными отверстиями и трещинами, которые отличаются от гористых областей только их меньшей силой света.

Ни воды, ни воздуха! При отсутствии этих двух необходимых для жизни условий, луна является исключительным царством грубого вещества, конечно, только в том случае, если во всем мире действуют одни и теже неизменные законы, которые согласуются с нашими земными явлениями. Дерн моха, растущий на граните в наших горах, находит в ночной росе необходимые капли воды для своих жаждущих корней, а в газах воздушного моря—пищу для своих листьев. Если бы самое живучее и крепкое растение вырвать из среды воздуха и перенести на вечно сухие скалы, существование его стало бы невозможно. Жизнь наших клейких, неприхотливых лишаев, которым для произрастания достаточно голых скал, наших мхов, благоденствующих на тесовых крышах, даже и эта простая жизнь была бы совершенно немыслимой в своеобразных физических условиях луны. Что же можно сказать о высших растениях или животных, жизнь которых так нежна и хрупка? И если жизненное начало вселенной не имеет каких нибудь других вспомогательных источников, о которых мы не подозреваем, то луна должна собой представлять ничто другое как пустыню, лишенную всякой жизни.

Это можно утверждать с еще большим правом, если к отсутствию воздуха и воды прибавить смертоносные условия резкой смены крайних температурных противоположностей. Луне требуется в 30 раз больше времени, нежели земле для того, чтобы один раз обернуться около оси, т.-е. последовательно подставить солнечным лучам все части своей поверхности. В течение 24 часов, повторенных 15 раз, каждое из ее полушарий лишено действия солнечных лучей; в течение

24×15 часов они погружены в тень ночи. В наших широтах самые длинные дни продолжаются не больше 16 часов. Что же вы скажете о 360 часах лунного дня, где непрерывные

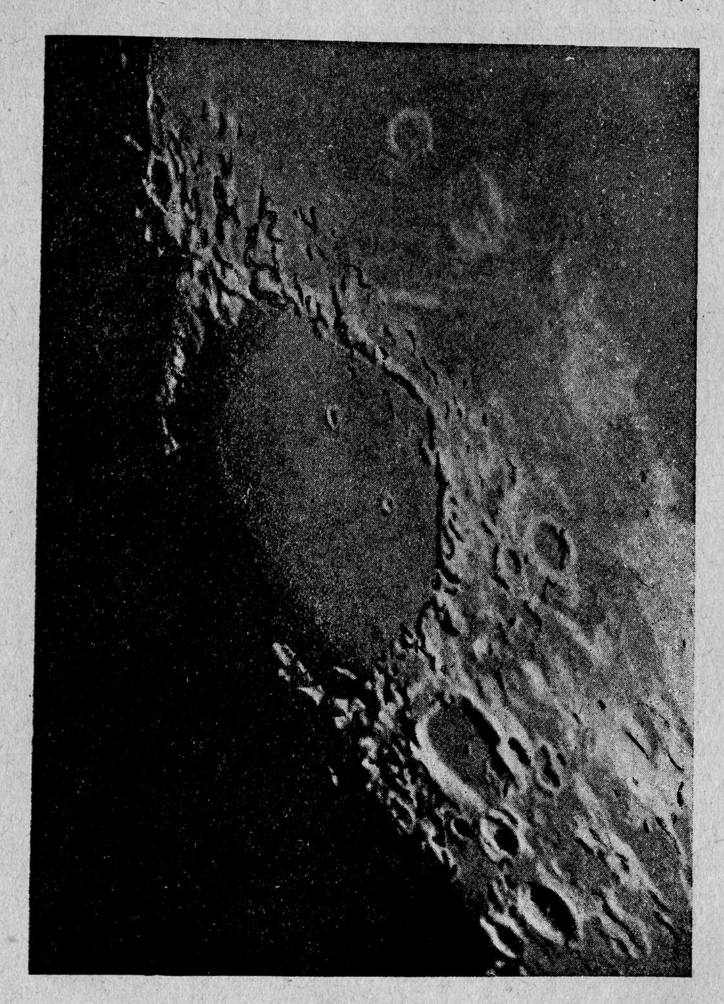


Рис. 85. Mare Crisium вскоре после фазы полнолуния.

солнечные потоки не умеряются, ни дымкой облаков, ни движением ветра? Температура луны в этом случае дожна быть невыносимой. День сменяет ночь, одинаковой продолжительности. Жара пропадает скоро и внезапно, ибо здесь нет атмосферы, нет оболочки газа, который смог бы защитить почву от остывания, и поэтому температура падает до ужасающей стужи мирового пространства. Что сделалось бы с земными

существами, если бы и они подвергались через каждые 15 дней такой смене жары и холода?

Неужели зрительные трубы, которые так хорошо показывают все малейшие подробности лунной поверхности, не могут определенно сказать, совершенно ли бесплодна и пуста луна? На это можно получить только отрицательный ответ. Астрономия не обладает такими инструментами, которые могли бы различать столь ничтожные предметы, какими являются существа земли. Среднее расстояние до луны равно 384.000 километрам. Чтобы его уменьшить в 1.000 раз, т.-е. создать возможность видеть луну на расстоянии 384 километров, мы должны были бы употребить зрительную трубу с 1.000 кратным увеличением. Если бы мы хотели сократить расстояние до луны еще в два раза, то для этого потребовалось бы 2.000 картное увеличение. Из Лиона простым глазом виден Монбалн, по крайней мере, его арбис, с расстояния в 160 километров; но едва ли нужно к этому прибавить, что на том же расстоянии совершенно незаметны такие предметы, как человек, дерево, дом. Следовательно, в зрительную трубу с 2.400 кратным увеличением можно было бы видеть подробности лунных гор так, как виден Монблан из Лиона. Пойдем дальше и запасемся 4.000 кратным увеличением. Луна будет находиться от наблюдателя на расстоянии в 96 километров. При 6.000-м увеличении светило было бы удалено всего на 64 километра и т. д. Что же теперь, мы увидим предметы величиною с наших больших животных? Конечно, нет! Кто может похвастаться своею способностью увидеть буйвола или слона на 64 километрах расстояния?

Без сомнения вы заметите: ведь можно еще более усилить увеличение, и тогда луна не будет иметь от нас никаких тайн!

Это, конечно, правильно, но я должен вам возразить, что мы давно уже преступили фактические границы в которых мы можем пользоваться зрительной трубой. Каждое увеличение, с ущербом для отчетливого зрения, имеет неустранимое побочное действие, которое заключается в том, что исходящий от какого либо предмета свет, распределяется на слишком большом пространстве. На определенной границе, свет настолько слабеет, что самый предмет становится невидимым. Сильно увеличить, это значит сделать так, чтобы не видеть отчетливо. У луны, вследствие ее слабого света, эта граница увеличения очень близка. В самом благоприятном случае можно итти едва-ли дальше, чем до 1.000 кратного увеличения, но даже и этого не получится, хотя бы мы применяли самые большие зрительные трубы мира. Мы ведь не должны забывать, что все наблюдения ведутся через земную атмосферу, которая редко находится в покое. Это мешающее влияние движения воздуха мы увеличиваем в 100.—200,—1.000 раз, смотря по увеличению зрительной трубы. Даже посред-

ством самых больших инструментов мы достигаем только того, что обнаруживаем на луне, в лучшем случае в виде точек, только такие предметы, которые по величине похожи на наши громадные соборы. Следовательно, непосредственным наблюдением в зрительную трубу совершенно невозможно определить действительно ли представляет луна мертвую пустыню, как это мы с настоятельной необходимостью должны были бы заключить по ее физическим особенностям.

■■ ■■

СЕМНАДЦАТАЯ ЛЕКЦИЯ.

ВИДЫ С ЛУНЫ НА ЗЕМЛЮ.

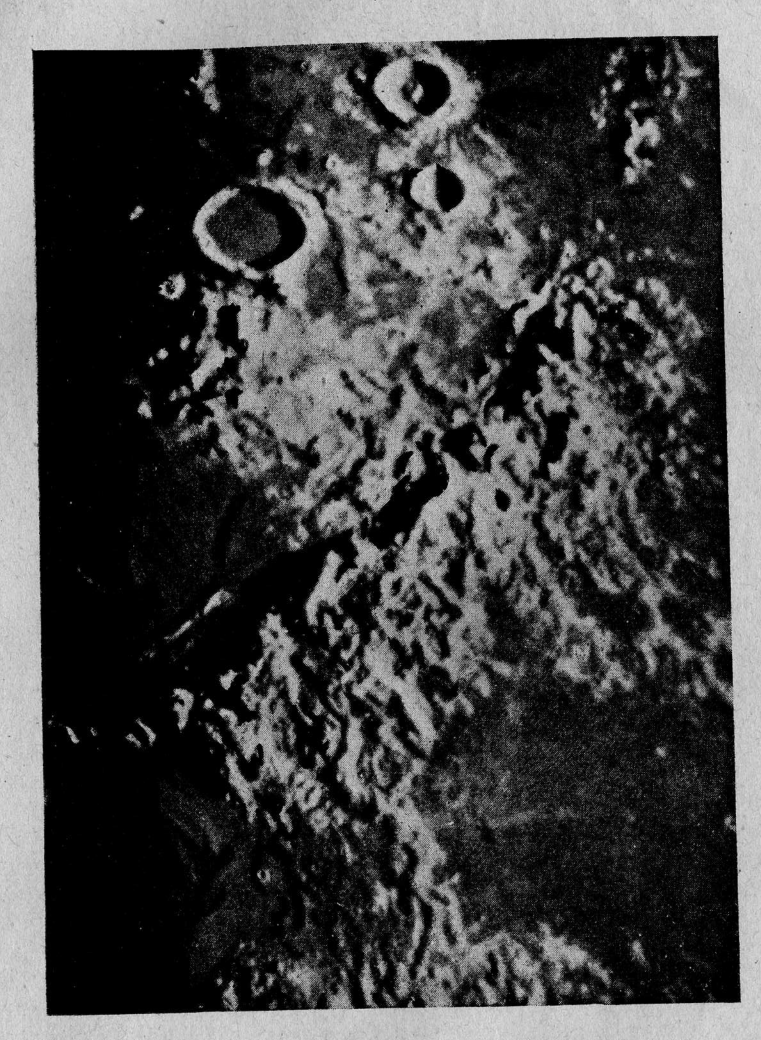
Ландшафт северного полушария луны.—Освещение землею луны.—Осевое вращение луны.—Смена фаз земли.

Для того, чтобы подробнее познакомиться с явлениями, имеющими место на лунном небе, нужно переменить наше место, которое находилось в южном полушарии луны, около кратера Тихо, на соответствующую точку северного полушария нашего спутника.

Если окрестности кратера Тихо представляли бесконечную пустыню кратеров, где одно круглое отверстие лежало рядом с другим, и в некоторых случаях один кратер вдавался в другой, то здесь (см. таблицу V) мы наблюдаем значительно более спокойный ландшафт лунной поверхности. Однако, и здесь центром нашего внимания являются три громадных кратера—Архимеда, Аристилла и Автолика, причем диаметр первого равен 80 километрам. Они нам кажутся, как раньше Тихо, в форме эллипсов, потому что находятся не в средине лунной поверхности, а на краю, где круг в перспективе кажется более или менее удлиненным эллипсом. Нарисуйте на глобусе круг и поверните глобус так, чтобы круг приходился у его края, и вы сможете заметить то же самое. В действительности все эти круговые горные хребты имеют такую же правильную круглую форму, как вы видели на фотографии средних частей луны (рис. 83).

Выше, следовательно, южнее этих трех кратеров, тянется громадный горный хребет—лунные Апеннины. Это единственная большая горная цепь лунной поверхности, которая по своим размерам, а в особенности по вышине, может сравниться с величайшими горными хребтами земли. Самые высокие ее вершины достигают 6.000 метров и притом находятся на северном конце горного хребта, где их крутые стены почти отвесно спускаются на равнину моря дождей!

Таблицы 5.



Лунные Апеннины и кратеры Архимеда, Аристилла и Автолика.

Поднимемся на одну из этих вершин, чтобы с ее высот бросить взгляд на землю! Для этого мы выбираем наиболее благоприятное время, когда луна поворачивается к земле своей темной половиной.

Где же она, наша необозримая земля, которая, как мы воображаем, является основой и опорой всей вселенной? В углу неба, поверх лунного ландшафта, мы видим что-то вроде большой луны, изливающей на окружающую нас местность белый свет. Неужели это земля, только значительно уменьшенная расстоянием? Конечно, она. Вон Европа, Африка, Азия, как бы нарисованные тонкими штрихами на карте (рис. 86). Моря серого цвета, чуть-чуть голубоватые. Материки светятся ярче; их свет тоже серый, но с зеленоватым оттенком, причиной которого является зеленоватый ковер растительного



Рис. 86. Вид луны с земли.

царства. Легкие туманные дымки, светло окрашенные, сопровождаемые черными пятнами, закрывают некоторые области. Это тучи, плавающие в атмосфере и бросающие темные тени на почву. Недалеко перед серой поверхностью Атлантического океана мы видим уголок земли, который нам дорог и любим. Это наша родина—Германия. Она нам представляется с горных вершин луны такой большой, что достаточно было бы одного кончика пальца, чтобы ее всю закрыть.

На юге и юго-западе от области, в которой мы узнали Германию блестят необыкновенным светом ряды точек, которые разделены темными тенями. Этими светящимися точками будут высокие, покрытые снегом, вершины Альп и Пиринеев, которые сильно отражают солнечные лучи. Лежащие между ними тени, представляют собой долины, куда солнце еще не проникло. Налево от Альп в сильный телескоп, можно было бы разглядеть большое количество конусообразных отверстий, воронок овернских вулканов, восточные склоны которых освещаются утренним солнцем, а противополож-

ные находятся в темноте и, если не обращать внимание на их малую величину, напоминают кратеры луны.

Обратите теперь ваш взгляд на края земного диска! На крайнем юге светится, так же ярко, как и вершины Альп, громадная площадь, неравномерно распределенная по морю. Это—снеговой и ледяной покров южного полюса! На северном пункте мы видим вторую светлую область, образованную снежными массами северного полюса. Последняя не так велика, как первая, потому что в данное время на северном полушарии лето, а на южном—зима. На севере граница тающих снеговых масс отодвинулась к полюсу, на юге, наоборот, они распространяются дальше в замерзающее море.



Рис. 87. Вид на Оверлские вулканы с Pun Shopine'a.

Но с видом земли перед нами открывается еще одно любопытное явление. В этих однотонно белых туманных массах, которые блуждают в различных направлениях по диску земли, мы узнали тучи, освещенные луной. Они повсюду имеются на земном диске, тут они распределены редко, там встречаются кучами. В области экватора они располагаются совершенно особенным образом. Здесь они растянуты в непра-

вильные полосы, которые тянутся с востока на запад. Это параллельное расположение экваториальных облаков является результатом пассатных ветров, которые, вследствие вращения земли с запада на восток, дуют беспрерывно в течение целого года в обратном направлении.

Мы сравниваем перед этим землю с большой луной. С нашего места, действительно, земля представляется большим светлым диском. Земля освещает луну совершенно так же, как луна землю, только гораздо сильнее. На самом деле, диаметр земли относится к диаметру луны как 11 к 3, и 14 лунных дисков смогли бы поместиться на одном земном. Представим себе 14 полных лун, соединившихся в одну, и тогда мы получим понятие о действии нашего шара на лунные ночи.

В данное время свет земли изливается во всем его великолепии. Наша планета, похожая по величине на мельничные колеса, льет с высоты черного неба свои белые потоки света, придавая окружающей местности совершенно неописуемый вид. Сияют, мерцая в фосфорическом свете, небольшие возвышенные почвы, а у наших ног расстилается широкое, сверкающее молочное море, прерывающееся островами теней. Это освещение нежное и в то же время холодное, придает ночам на луне такое великолепие, отблеск которого, в некоторых условиях, мы видим с земли.



Рис. 88. Свет земли на луне—по фотографии.

Это случается тогда, когда луна показывается на вечернем или утреннем небе в виде тонкого серпа. Тогда она обращает к нам только небольшую часть своего освещенного полушария и его диск не вполне виден. Если в это время внимательно наблюдать за луной, то, кроме непосредственно освещенного солнечными лучами серпа, можно видеть, как его некоторая часть мерцает нежным пепельным светом (рис. 88).

Это сияние ночной половины луны есть ни что иное, как

отражение сильного света земли; в это мгновение земля полностью обращает к луне свое освещенное солнцем полушарие. Действительно, свет солнца сначала приходит на землю; после того, как он вызовет на нашем полушарии дневной свет, он отражается на темную половину луны. Благодаря этому блужданию и многократному отражению солнечный свет много теряет в своей первоначальной яркости, и мы его едва узнали в слабом мерцании неосвещенной половины луны. Таким образом, земля оказывает луне некотрые услуги, несмотря на то, что она сама светится заимствованным светом.

При рассматривании земли с луны, она, во всяком случае, представляется телом удивительной величины и силы света. Ничто не может с ней сравниться на лунном небе, даже само солнце. Хотя первоначальный источник света сияет с величественной, в тысячу раз большей яркостью, однако, рядом с диском земли, солнце кажется в 14 раз меньше его. Только одна половина луны видит земной шар, другой же он совершенно неизвестен. Это происходит от того, что луна, во время своего движения вокруг земли, обращает к ней постоянно одно и то же полушарие. То лицо луны, которое мы видим с земли сегодня, видели таким же давно прошедшие столетия, и таким же оно останется на все грядущие времена— противоположная сторона нашего спутника от нас навсегда скрыта.

Отсюда ни в коем случае нельзя заключить, что луна вообще не вращается вокруг своей оси. Она вращается также как и земля, но это вращение происходит значительно медленнее; именно: для одного оборота требуется около $27\frac{1}{3}$ суток. Одновремнно с этим, она заканчивает свое обращение вокруг земли и потому, совершив часть своего оборота около оси, она проходит соответствующую часть своего пути вокруг земли. Поэтому от этого вращения мы ничего не замечаем, и потому же она показывает нам всегда одну и ту же сторону. Но, обратно, луна видит, как вращается солнце и звезды, как они восходят и заходят; однако, земля для нее неизменно остается на одном и том же месте неба, против того полушария, которое мы видели.

Это двойное движение луны вокруг самой себя и земли, действия которых, в силу равенства продолжительности обоих движений, взаимно уничтожаются, можно пояснить следующим образом. Встаньте посердине комнаты и сделайте полный оборот на каблуках! Различные части комнаты: стены, двери, окна, печи и т. д. последовательно пройдут перед вашими глазами, и вращение будет закончено, когда взгляд найдет предмет своего исходного положения. Теперь поставьте в центре комнаты круглый стол и на него—глобус или первый попавшийся круглый предмет, апельсин, яблоко и т. п. Это яблоко представит землю, ваша голова—луну. Идите

теперь вокруг стола и не спускайте при этом глаз с яблока! Луна—ваша голова, показывает земле, т.-е. яблоку постоянно ту же самую половину, именно лицо. Когда движение вокруг стола закончится, одновременно с ним вы совершите полный оборот вокруг самого себя, ибо различные части комнаты: левая стена, дверь, окно, печь, правая сторона и пр.—прошли перед вашими глазами, подобно тому, как если бы вы, вместо того, чтобы итти кругом стола, сделали простой оборот на каблуках. Таким же образом, луна совершает одно вращение вокруг земли в то время, которое ей требуется для одного оборота вокруг своей оси, этим и об'ясняется, что луна показывает нам всегда одно и то же полушарие.

В то время, пока мы с вами разговариваем, о той половине луны, которая останется для нас навсегда невидимой и, вместе с тем, сама никогда не увидит землю—блестящий гигантский шар на своде неба вращается вокруг оси. Точки его экватора бегут со скоростью 28 километров в минуту. Германия, которая недавно занимала его западный край, очутилась теперь по середине диска. Япония и Австралия исчезли, но зато показался весь Атлантический океан, и стал виден восточный берег Америки. Германия, вследствие вращения земли, за 12-ть часов перешла, из крайнего западного положения, на восточный край мирового тела. Вид диска будет совершенно иным, когда за морями, странами, которые видны в данный момент, последует Великий океан и Америка; поэтому наша планета для луны представляется величественными часами, которые, последовательной сменой в положении морей, островов и материков, могли бы точно указывать время. Только в течение нескольких дней могут эти часы оказывать свои услугу: если мы здесь могли пробыть две недели, мы бы увидели, как диск земли начинает постепенно дугообразно сокращаться до половины, до одной трети, становится похож на узкий тонкий серп и, наконец, совершенно исчезает. И на некоторое время земля делается невидимой для глаза, и это делается без всякого вмешательства со стороны какого-нибудь тела, вставшего между луной и землей.

Единственное тело, которое может быть ответственно за изменение вида луны это—солнце. С луны мы можем видеть, как земля постепенно, при своем кажущемся приближении, принимает форму серпа. В то время, как на нашей половине луны царит глубокая темная ночь, и солнце находится как бы за нашей спиной, земля сияет на небе своим полным светом; при заходе и восходе солнца она нам кажется полуосвещенной, при высоком положении солнца серпообразной и т. д. Также как на луне, солнце освещает постоянно только одну половину земли, переднее полушарие—когда солнце находится за нашей спиной, левое—когда дневное светило налево и правое—когда солнце направо.

Между двумя, последовательными явлениями «полной земли» проходит около месяца. Когда луна обращает к нам свое темное полушарие, тогда земля поворачивается к ней своей освещенной половиной! Для нас это является моментом новолуния, для луны—«полной земли». И обратно, когда у нас полнолуние, тогда на луне земля не видна. Следующая лекция раз'яснит нам эти противоположные явления. Но сначала мы должны снова спуститься на землю, вдали от которой мы и так слишком долго находились.

■■ ■■

ВОСЕМНАДЦАТАЯ ЛЕКЦИЯ.

ОБРАЩЕНИЕ ЛУНЫ ВОКРУГ ЗЕМЛИ.

Выводы из факта падения яблока.—Действие земного притяжения на летящий пушечный снаряд. — Вычисление силы земного притяжения для тела, находящегося на расстоянии до луны.—Фазы луны.—Сидерическое и синодическое обращение луны.

Однажды, в свой юности, Ньютон, один из самых знаменитых мыслителей всех времен, отправился гулять в фруктовый сад. В это время упало на землю яблоко. Вы бы, конечно, его подняли и с'ели, этим бы дело и кончилось. Но юный Ньютон задал себе вопрос: почему упало яблоко? Хорошенький вопрос! Вы бы ответили ему, что яблоко упало, так как созрело и свалилось с ветки. Молодой философ улыбнулся бы на ваш необдуманный ответ, но не удовлетворился бы им: если бы яблоня каким-нибудь чудом увеличила свой ствол и подняла бы плод на высоту десяти,—ста,—тысячи миль, то и тогда бы яблоко упало? Конечно, да. Может быть на этом расстоянии скорость падения меньше; но на каком основании оно должно прекратиться? Ведь нет ничего такого, что могло бы помешать падению яблока. Если это действительно так, то тогда луна, как тяжелая каменная масса, должна была бы упасть на землю подобно плоду дерева, которое распростерло свои ветви до такой высоты. Предположения молодого ученого о падении луны имели некоторое основание; впоследствии он развил блестящую картину этого явления, с которой я вас и познакомлю. Да, луна падает и, если она когда нибудь упадет, то для всех нас и земного шара, который вследствии громадного удара, падающего с неба тела, разлетится в дребезги, наступит последний час. Действительно луна падает, но несмотря на это, как бы вам это не показалось противно здравому смыслу, она все время остается от нас на равном расстоянии. Сейчас мы это об'ясним.

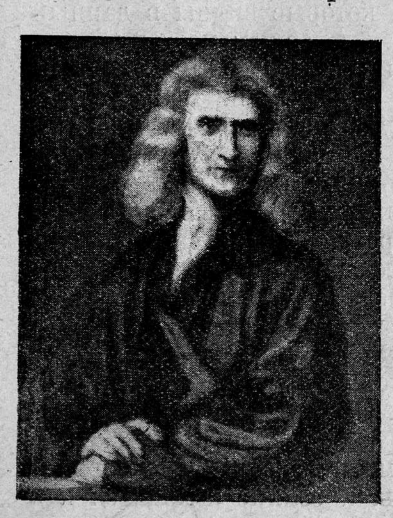


Рис. 89. Исаак Ньютон (род. 1643 г., умер 1727 г.).

Представим себе пушку, стоящую на поле (рис. 90) и направленную по строго горизонтальной линии СА, а против пушки, на довольно большом от нее расстоянии—стену. Если линия СА представляет линию цели или визирную линию, то

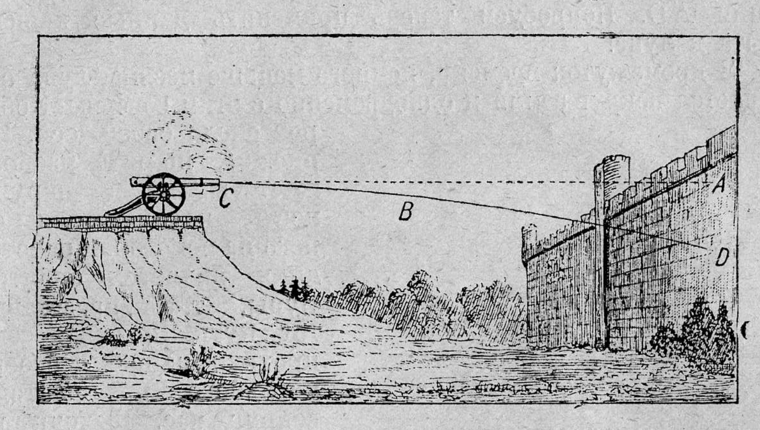


Рис. 90. Отклонение пути полета снаряда от горизонтальной линии вследствие притяжения земли.

снаряд, как нам кажется, должен попасть в стену в точке А. Однако, он, вместо того, чтобы лететь по линии СА, по которой он направлен, описывает кривую линию CBD и попадает в стену в точке D, которая лежит значительно ниже цели. Это происходит не по вине артиллериста обслуживающего орудие; он может очень точно целиться, но никогда не попадет снарядом в точку, находящуюся против отверстия пушки, а всегда ниже ее. Если же он хочет действительно попасть в точку А, то должен целиться немного выше.

Почему же снаряд не летит по линии цели, и почему попадает в стену ниже данного места? Ничего не может быть проще: когда снаряд вылетает из канала орудия, он лишается опоры. Подвергнутый действию силы притяжения земли, снаряд, несмотря на сообщенное ему взрывом движение, падает. Поэтому линия CBD понемногу опускается ниже прямой линии цели и описывает дугу. Еще того больше: выстреленный снаряд падает на такое расстояние, на какое он должен был бы упасть в случае своего свободного падения. Положим, что сна-

ряд летит до стены одну секунду. Свободно падающее тело проходит в первую секунду 4,9 метра. Если теперь смерить расстояние от точки А, в которую должен был бы попасть снаряд, если бы на него не действовала сила притяжения земли, до точки D, куда он действительно попал, то окажется, что оно составит точно 4,9 метра. Если бы снаряд достигал стены в 2,—3,—4 секунды, то AD было бы равно 4,—9,—16 раз по 4,9 метров, т.-е. то же расстояние, которое проходит в равное время свободно падающее тело. Следуя по пути CBD. снаряд подвергается одновременному действию двух сил: силе взрыва пороха, которая его направляет по линии цели CA и силе земного тяготения, которая его притягивает по линии AD. Попробуем теперь применить данные нашего опыта к луне!

В промежуток времени, немного меньше месяца, луна обращается вокруг земли и одновременно с этим совершает оборот около своей оси. На рис. 91, шар E изображает землю, а окружность, находящаяся от него на некотором расстоянии является орбитой луны, т.-е. представит тот путь, который она проходит за время своего месячного путешествия вокруг нас. Выходя из какой нибудь точки своей орбиты, напр. из А, луна обладает некоторым поступательным движением как снаряд по вылете из канала орудия. Так называемый закон инерции говорит, что всякое приведенное в движение тело, без вмешательства посторонней силы или сопротивления движется с постоянной скоростью по бесконечной прямой (см. стр. 49). Согласно этому луна, при условии отсутствия на ее дороге сопротивления, должна была бы двигаться прямолинейно, по касательной AF, т.-е. по направлению продолжения пути, который она в данное мгновение проходила. Это представляло бы ничто иное как снаряд, выпущенный из пушки, который не подвергается силе притяжения земли и летит к стене по прямой цели CA (рис. 90). Однако луна не следует касательной AF, также как и снаряд не летит по линии визира. Она описывает дугу AB и, следовательно, падает на величину отреза FB, подробно снаряду, попадающему в точку

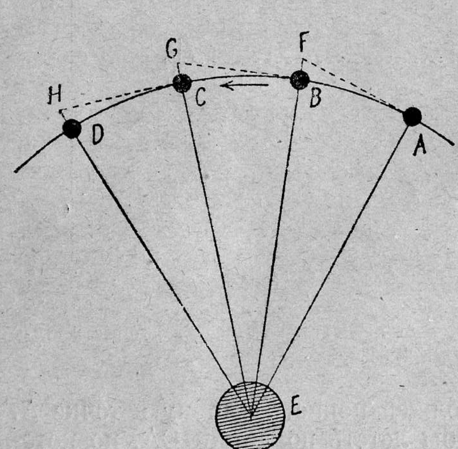


Рис. 91. Происхождение кругового движения луны вокруг земли.

ниже цели. Теперь луна, достигнув B, если бы там не подвергалась действию другой силы, должна была бы, в силу своего движения и способности инерции, оставить свою орбиту. Однако, в действительности, она следует по дуге BC и, совершив падение с высоты GC, приходит в C. Итак, луна вместо того, чтобы покинуть нашу землю и затеряться в широком просторе небесного пространства, вращается вокруг нас, совершая ряд беспрерывных падений на землю, как верный светоч нашей планеты, и каждое мгновение начинает новый путь. Следовательно, луна действительно падает и, именно благодаря этому падению, она остается на постоянном от нас расстоянии. Если бы она не падала, то должна была бы покинуть нас и все больше и больше удаляется от земли по прямой линии.

Что же является причиной непрерывного падения луны? Может быть небесное тело подвержено силе тяжести, подобно снаряду, выброшенному из ствола орудия? Притягивается ли она землей, как обыкновенный кирпич, который мы выпустили из рук?

Несомненно—это так. Вопрос о притяжении земли и составлял задачу, о которой думал Ньютон под яблоней. Доказательство этой истины, данное Ньютоном, мы здесь приведем.

Каждое тело, падающее на земной поверхности, проходит в первую секунду 4,9 метра. Если же оно находится на двух—трех,—четырехкратном расстоянии от центра земли, то сила притяжения слабеет в 4—9—16 раз, ибо она уменьшается пропорционально квадрату расстояния. Поэтому тело пройдет тогда в первую секунду своего падения $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{16}$ 4,9 метров. На расстоянии в 60 земных радиусов оно сделает путь длиной 4,9 метра, разделенные на квадрат из 60, или $\frac{4{,}9 \text{ м.}}{60 \times 60}$, что составит немного больше $1\frac{1}{3}$ миллиметра. Если известен путь, проходимый телом в первую секунду, то тогда можно легко вычислить величину падения в 1 минуту или в 60 секунд; для этого достаточно помножить путь первой секунды на квадрат числа секунд. Так можно найти, что падение продолжительностью в 6 секунд на расстоянии до луны составит $\frac{4{,}9 \times 60 \times 60}{60 \times 60}$ или 4,9 метра; это значит, что любой предмет, шар, булыжник и пр., на расстоянии в 60 земных радиусов сделает в первую минуту своего падения то путь, который он прошел бы в одну секунду, падая на земной поверхности. Итак, если луна падает по закону земных тел, то ее движение к земле или падение равно 4,9 метра в минуту, ибо она находится на расстоянии в 60 земных радиусов. Это число, полученное путем рассуждения, находит свое полное подтверждение в фактах. Возвратимся опять к рис. 91 и представим себе, что луна совершает

путь от A до B в течение одной минуты. Тогда величина, на которую мировое тело падает со своего первоначального направления, с линии визира AF, изобразится линией FB. Если теперь геометрическим путем вычислить линию FB из известных нам величин—длины дуги, описанной луной и количества потребного для этого времени, то полученное значение, будет точно равно 4,9 метрам. Поистине удивительный результат! Следовтельно, земля является причиной, которая сгибает орбиту луны и обусловливает своим притяжением непрерывное падение небесного снаряда, подобно тому как она притягивает снаряд пушки. Когда Ньютон впервые обнаружил этот факт, к которому пришел в результате своих гениальных размышлений, он был так сильно взволнован, что у него не хватило силы тогда же закончить свои вычисления. Он внезапно очутился в области одной из самых важных тайн вселенной; теперь мы уже знаем какой силе подчиняются мировые тела в их недосягаемом движении, и на каких законах основаны пути их неизменных орбит. Луна, приведенная в движение какой-то силой, о происхождении которой мы ничего определенно не знаем, обращается приблизительно в 27¼ суток вокруг земли, которая ее все время держит своим притяжанием на постоянном расстоянии в 60 земных радиусов. Скорость движения луны поразительна—в течение часа неистовое тело пролетает 3.700 километров. Для нас, наблюдающих луну с земли, ее движение настолько ослаблено расстоянием, что оно не производит никакого особенного впечатления. Однако, можно все-таки легко обнаружить, что луна постоянно меняет свое место на небе. Для этого необходимо устранить возможность обмана, который может быть вызван вращением земли вокруг оси. Здесь идет речь не об этом общем движении, в котором принимает участие луна, и которое является только иллюзией, а о совершенно особом движении, обнаруженном только у луны.

Мы будем наблюдать луну вечером, когда она достигла своего наивысшего на небе положения и проходит через наш меридиан. Тогда она находится среди различных звезд, напр. под созвездием плеяд, вид которых, мы хорошо запомним. На другой вечер, в этот же самый час, мы продолжаем наблюдение. Плеяды опять появились на меридиане прошлой ночи. Но луны уже нет на ее вчерашнем месте (см. рис. 92); она передвинулась к востоку больше чем на 13 градусов и стоит по ту сторону меридиана.

Чем об'ясняется такое запоздание? Конечно тем, что место луны на небе изменилось, вследствие ее собственного движения, которое противоположно кажущемуся вращению неба. На третий день она появляется с еще большим запозданием, на следующий—еще больше и так далее, до тех пор пока, сложением этих суточных движений, она не опишет на небе пол-

ный оборот с запада на восток и снова не появится на меридиане, среди тех же самых звезд. Это произойдет через 27 дней 7 часов и 43 минуты, в течение действительного, так наз. сидерического времени обращения луны, каковое выражение происходит от латинского слова—sidus, вообще означающее созвездие, а здесь—в некотором роде станцию, к которой снова, по прошествии этого времени, возвращается луна.

Вследствие своего движения вокруг земли с запада на восток, луна показывает нам, то свою освещенную солнцем половину, то теневую, а то—только некоторую часть своей освещенной половины.

Отсюда происходят видимые изменения в диске луны, так называемые ф а з ы. На рис. 93 E представляет землю; A,B,C,D



Рис. 92. Движение луны на небе в 24 часа. Правильное соотношение величин.

последовательные положения луны на ее орбите. Солнечные лучи, которые изображены параллельными линиями, мы мыслили идущими, с очень большого расстояния, справа. Пока луна занимает положение A, между солнцем и землей, она, несмотря на то, что находится против нас и ничем не закрыта, не будет видна из точки E земной поверхности. Это происходит благодаря тому, что она обращает к нам свое, неосвещенное солнечными лучами, темное полушарие. У нас тогда н о в о л у н и е. В это время наш спутник виден на небе в одном направлении с солнцем, вместе с ним всходит и заходит, скрытый в свете своего лучистого товарища по дороге. Заметьте, что при положении A, темная половина луны находится против освещенного полушария земли! Седовательно, в тот мо-

мент, когда луна нам не видна, мы для луны представляем фазу «полной земли».

Через три или четыре дня, луна переходит из положения своей орбиты A в A^1 (рис. 94) и показывается на закате солнца в западной части неба в виде тонкого серпа, рога которого обращены на восток, в сторону противоположную заходящему солнцу. Этот серп принадлежит освещенному полушарию, которое, двигаясь, начинает к нам оборачиваться. Чтобы отделить ту часть луны, которая нам видна, надо восставить перпендикуляр RT к линии EA^1. Все, что находится по эту сторону границы, лежит в пределах видимости, что по ту—вне ее. Ну, хорошо! На обращенной к земле половине, мы видим бо́льшую часть темного полушария и маленький белый угол, незначительный кусок освещенного. Этот белый угол нашего рисунка соответствует светлому серпу луны. Когда луна

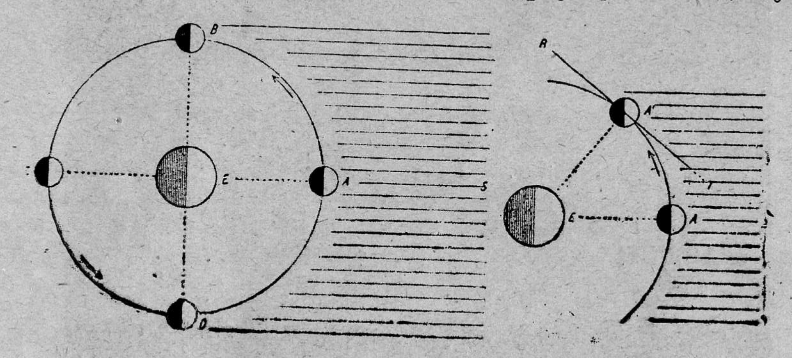


Рис. 93. Образование главных фаз луны.

Рис. 94. Образование серповидной формы луны.

появляется в виде серпа, то в это время мы имеем возможность наблюдать пепельный свет земли.

С каждым днем луна заходит все позже и позже солнца; ее серп расширяется и, наконец, приблизительно через неделю, когда она совершит четвертую часть своего пути, обращает к нам половину своего освещенного и половину темного полушарий. Она стоит в меридиане в 6 часов вечера, светит половину ночи и около полуночи заходит за горизонт. Серый свет исчезает, ибо в это время видна только половина освещенного полушария земли.

Приблизительно через две недели луна достигает положения C, с противоположной стороны земли. Со времени первой четверти, освещенная часть постепенно превратилась в полный круг, и мировое тело обращено к нам всем своим освещенным полушарием. С другой стороны, земля обращает к ней свою темную половину. У нас п о л н о л у н и е, на луне «новоземелие». В это время луна всходит на закате солнца и заходит на его восходе. Она светит всю ночь.

На 21 день, с момента начала своего обращения, луна сделала три четверти пути своей орбиты; теперь она находится в точке D. Эта фаза называется п о с л е д н е й ч е т в е р т ь ю. Видимая часть луны сократилась до светлого полукруга, как

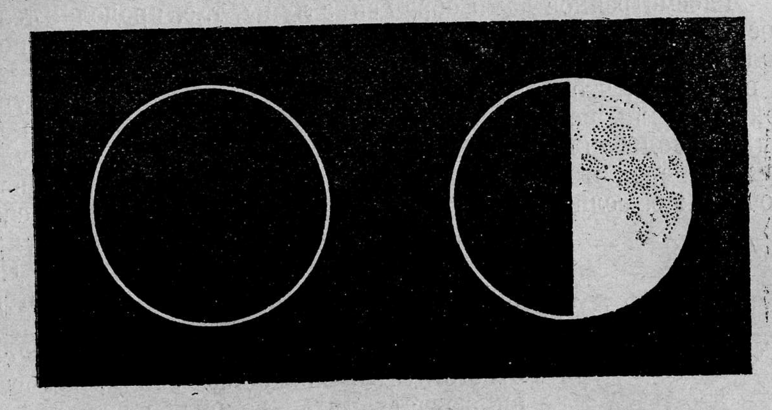


Рис. 95. Изменение в освещении луны: новолуние (луна невидима) и первая четверть (вечерняя фаза).

во время противоположной фазы первой четверти. Теперь она восходит около полуночи, в 6 часов утра проходит меридиан и в полдень заходит. Следовательно, луна последней четверти светит только во вторую половину ночи.

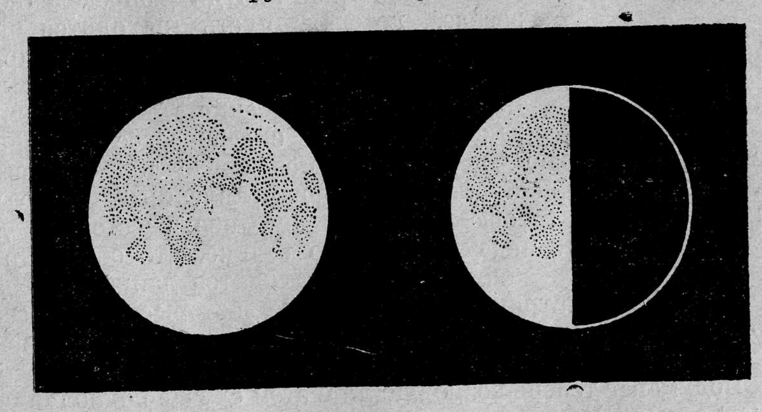


Рис. 96. Изменение освещения луны: полнолуние (ночная фаза) и последняя четверть (утренняя фаза).

После четвертой четверти луна быстро сокращается до серпа и показывается рано утром на восточной части неба. Рога серпа обращены на запад, в сторону противоположную восходящему солнцу. Снова можно наблюдать пепельный свет и, наконец, серп, который делается с каждым новым утром все

тоньше и тоньше, совсем исчезает в солнечных лучах. Луна возвратилась в точку A и снова начинает смену своих фаз. Одно обращение закончилось и начинается второе, в неизменном порядке тех же явлений.

Рассмотренное нами обращение луны, т.-е. продолжительность между двумя последующими фазами, напр. между полнолуниями или между новолуниями, составляет $29\frac{1}{2}$ дней. В виду того, что фазы являются следствием вращения луны вокруг земли, нам казалось бы возможным приравнять полный период фаз к времени сидерического обращения. Но луна, как мы перед этим узнали, проходит свою орбиту в $27\frac{1}{4}$ дней. Почему же, если наш спутник в это время заканчивает свое путешествие вокруг земли, полнолуние не наступает через $27\frac{1}{4}$ дней? Попробуем разобраться в причине этого странного явления на рис. 97.

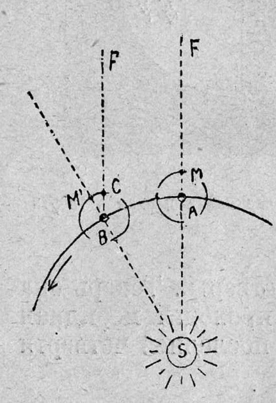


Рис. 97. Различие между сидерическим и синодическим обращениями луны.

В точке S находится солнце, A — соответствует положению земли, которая описывает путь вокруг центрального тела, а M изображает движущуюся вокруг земли луну. Когда земля находится в A, а луна в M, у нас полнолуние, ибо последняя стоит против солнца. В это мгновение направление с земли к луне совпадает с направлением к какой-нибудь определенной звезде, которая пусть находится на бесконечно большом расстоянии на прямой AF. Через $27\frac{1}{4}$ дней, когда земля перейдет из положения A в B, луна закончит свое сидерическое обращение вокруг земли и опять находится около той же звезды, которая теперь будет видна в направлении BF параллельном AF. Я говорю параллельном, ибо расстояние до звезд, как мы это знаем, настолько велико, что оба направления AF BF[1], в конце которых находится данная звезда, мы можем рассматривать как прямые, которые не пересекаются. Следовательно, луна, когда заканчивается ее сидерическое обращение, приходит в положение C.

Подумайте теперь возможно ли в этом случае полнолуние? Конечно, нет. Ведь для того, чтобы наступила эта фаза, луна должна перейти из C в M[1]—находиться одновременно против солнца и земли. Ну, хорошо! Для того, чтобы совершить путь из C в M[1] и снова возобновить путь, потерянный по вине движения земли, луне нужно немного больше трех дней. Прибавив это число к сидерическому периоду обращения, мы получим новое, так наз. **синодическое обращение**. Под этим понимают время между двумя последовательными полнолуниями или вообще одинаковыми фазами. Синодическое время обращения продолжается 29 дней 12 часов 44 минуты, в то время как сидерическое равно 27 дням 7 часам и 43 минутам. Если вы боитесь точных цифр, то запомните, по крайней мере, что месяц фаз длиннее действительного обращения луны на $2\frac{1}{4}$ дня, и что эта разница является новым доказательством вращения земли вокруг солнца.

■■ ■■

ДЕВЯТНАДЦАТАЯ ЛЕКЦИЯ.

ЗАТМЕНИЕ ЛУНЫ.

Образование тени.—Частичные и полные лунные затмения.—Цвет луны во время затмения.—Вид затмения с разных точек земной поверхности.

В одном и том же веществе или среде, свет, как мы знаем, распространяется по прямым линиям. Солнечный луч, проникающий в комнату через щель оконных ставен, образует прямолинейную полосу, видимую благодаря носящимся в воздухе освещенным пылинкам. Если мы в эту световую полосу внесем какой-нибудь непрозрачный предмет, напр. руку, то сзади нее образуется темное пространство, ибо световой луч не может там распространяться. Это темное пространство называется тенью. Следовательно, тень не есть особый вид темноты, которую отбрасывает данное тело, а является пространством, лишенным света, которое образуется позади освещенного тела. Если бы тень какого-нибудь непрозрачного тела была совершенной, т.-е., если бы туда не проникал рассеянный свет окружающего воздуха, то она была бы абсолютно черной и все предметы, находящиеся в ней, были бы невидимые.

Тень руки в солнечном свете не бывает полной. К ней примешивается отраженный свет окружающего воздуха; если внести в область тени нашей руки какой-нибудь предмет, он будет виден. То же самое относится ко всем теням, которые мы ежедневно наблюдаем; ведь свету окружающего воздуха, от пылинок сильно освещенных соседних предметов, ничто не мешает проникать в тень.

Днем абсолютно темное пространство может получиться только в мировых пустотах, где полное отсутствие вещества делает невозможным образование рассеянного света, какой наблюдается на земле. Для образования тени нужно, чтобы на пути солнечных лучей вставала бы какая-нибудь непрозрачная преграда. Что же может быть там наверху такой преградой? Их имеется большое количество: это,—главным образом, луна и земля, два непрозрачных шара, задерживающих

солнечные лучи и бросающих позади себя огромные конусообразные тени. Давайте займемся пока тенью земли.

На рисунке 98, S изображает солнце, а E—землю. Проведем по обоим кругам линии AC и BC, которые касаются их поверхности (внешние касательные), тогда по рисунку мы сможем себе представить конусо—или воронкообразное пространство, в котором лежит солнце и земля, как в бумажном свертке, два неравных шара. Ясно, что в заднюю часть этого свертка, между E и C, не может проникнуть ни один солнечный луч, ибо для того, чтобы непосредственно туда проникнуть, ему нужно перейти через землю. Это пространство EC, куда солнечный свет не доходит вследствие преграждающей его путь непрозрачной земли, называется теневым конусом, или тенью ядра земли. Окружность основания этого темного конуса равна 40.000 километрам, а длина—216 земным радиусам, или—трех-четыерхкратному расстоянию до луны.

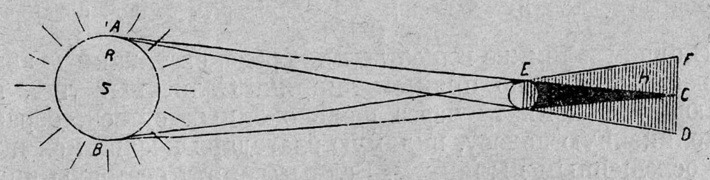


Рис. 98. Образование тени ядра земли и ее полутени.

Настолько громаден этот темный конус, простирающийся в небесном пространстве позади земли!

Проведем теперь на рис. 98 внутренние касательные AD и BF. Их можно себе представить, как два бумажных свертка с одной общей вершиной, в одном из них лежит земля, в другом—солнце. Пространство, которое находится за землей по обе стороны ее теневого конуса, между F и D, называется полутенью. Здесь нет такой полной темноты, как в тени ядра; здесь освещение, благодаря тому, что солнце не вполне видно, несколько ослабленно. Давайте рассмотрим какую-нибудь точку этой полутени, напр., H. Из рисунка видно, что солнечный диск здесь отчасти скрыт землей, и только его незначительная область в состоянии излучать туда свой свет. Селдовательно, в H, откуда видна только часть солнца, освещение не будет полным. В другой точке, которая лежит ближе к настоящей тени, освещение еще меньше, так как для нее более значительная часть солнца закрыта. Таким образом, яркость освещения в области полутени постепенно убывает и чем ближе данная точка к земной тени, тем меньше становится видимая часть солнца.

Итак, позади земли, освещенной солнцем, мы имеем три области: область чистого света, собственно тень, или тень ядра и полутень. В первой части солнца безпрепятственно видно, и там освещение полное. Во вторую область, образованную внешними касательными, не попадает ни один луч света: здесь господствует полный мрак. В третьей части, заключающей в себе пространство между двумя первыми, солнце видно только частично, и освещение его постепенно уменьшается от полного света до глубокого мрака. Если бы в небесном пространстве находился какой-нибудь небесный экран, способный принять на себя все три области, то тень ядра представилась бы на нем в виде черного круга, а полутень расположилась бы, вокруг этого черного диска, зонами различной яркости; вне этих кругов сиял бы полный солнечный свет.

Однако, в небесных пространствах нет такого экрана, который позволил бы нам насладиться зрелищем земной тени во всей ее полноте. Тщетно простирается мрачный конус земли в глубину пространства на 1.388.000 километров; он может здесь встретить только одно единственное тело, стоящее к нам ближе всего, луну, но она слишком мала, чтобы смогла служить полным экраном. Она отстоит от нас на расстоянии в 60 земных радиусов, а конус тени распространяется, как мы слышали, на 216 таких радиусов. Это более чем достаточно для того, чтобы при наличии некоторых условий достигнуть луны и даже совершенно покрыть или затмить ее.

Когда же это может случиться? Прежде всего для затмения луны необходимо одно непременное условие: луна, если смотреть от солнца, должна быть за землей. Вернувшись назад к рис. 93 предыдущей лекции, мы увидим, что этому условию удовлетворяет только фаза полнолуния. Следовательно, пока мы можем сделать вывод: только в полнолуние можно ожидать затмения луны.

Но тогда затмение луны должно было бы наступать через каждые 28 или 29 дней, т. е. тогда, когда она находится в полной фазе и стоит против солнца. Опыт учит, что этого нет и по той причине, об'яснением которой мы сейчас займемся. Из полученных фаз, вы несомненно составили себе представление—я тогда так и говорил,—что новая луна занимает место между землей и солнцем, и что полная луна лежит на прямой линии позади земли. Это было выражено не совсем точно. Обращаясь вокруг нашей планеты, луна редко находится на прямой линии земли и солнца, ибо положение ее орбиты точно не совпадает с этим направлением. Она проходит, то над линией, соединяющей солнце и землю, то под ней, большей частью очень близко от нее, но все-таки достаточно далеко для того ,что ее тень не упала на нас, или сама луна не попала в тень земли.

Только в известное время движение луны происходит так, что все три мировых тела находятся приблизительно на одной прямой линии. При совпадении этих двух условий,—наличия полнолуния и приблизительного положения трех мировых тел

на одной прямой,—луна, находящаяся точно за землей, должна погрузиться в ее теневой конус. Здесь могут быть три разных случая: или луна полностью входит в тень ядра, или частично, или же проходит только через ее полутень. Эти три случая представлены на рис. 99.

Если она проходит мимо земли в положении Н, то тогда луна пересекает только полутень, именно ту зону, где неполное освещение, ибо там солнце частично закрыто земным шаром. В этом случае свет луны немного тускнеет, ее большие серые пятна становятся несколько темнее и кажется, что она закрывается легкой дымкой. Это во всяком случае не будет настоящее затмение.

Представим себе теперь, что луна находится несколько выше, положим в точке Р. В то время, когда она входит в об-

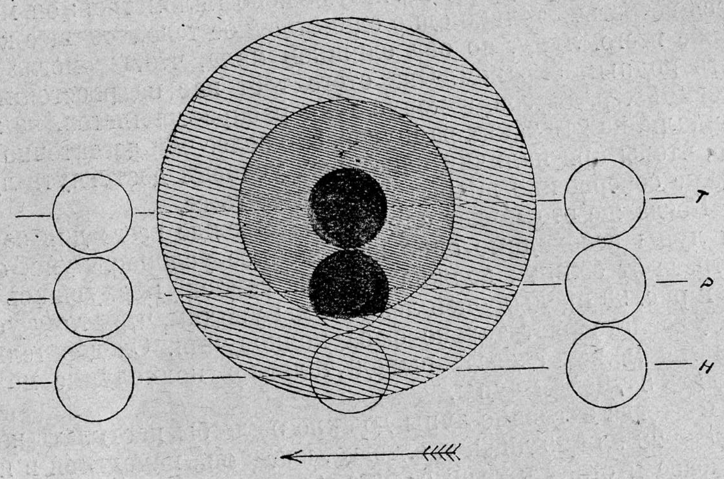


Рис. 99. Прохождение луны через земную тень во время полного (Т), частичного (Р) и полутеневого (Н) затмения.

ласть полутени, она сначала немного бледнеет; затем на светящемся диске вдруг появляется черный дугообразный вырез—оттого, что часть луны вступила в зону ядра. Все, что погружается в этот мрачный конус, темнеет и делается невидимым; остальная часть, остающаяся наружи, видима, только немного мутнеет от полутени. Подобное неполное прохождение луны через ядро тени земли называют *частичным* затмением.

Наконец, мы будем говорить о *полном* затмении, которое имеет место тогда, когда вся луна проходит через тень ядра, следовательно, ее движение принимает, напр. направление Т на рис. 99. Ясно, что продолжительность полного затмения зависит от ширины места ядра тени, которое луна пересекает. Она будет наибольшей тогда, когда тело следует,

как это показано на рис. 92, по направлению диаметра черного круга. В этом случае затмение продолжается почти два часа. С того мгновения, когда лунный диск начинает затемняться и до момента наступления полного освещения на противоположном краю, может пройти около четырех часов.

Какое бы место не занимала земля в момент затмения, ее тень всегда имеет форму круга. Хотя луна слишком мала для того, чтобы принять на себя всю земную тень, но абрис ее видимой тени представляет собой всегда правильную дугу окружности—прямое доказательство шарообразной формы нашей планеты.

Редко во время полного затмения луна совсем исчезает; даже тогда, когда она полностью погружается в земную тень она все-таки бывает заметна в виде матового, темно-красного диска. Причина этой видимости обусловливается атмосферой нашей земли. Она отклоняет солнечные лучи от их прямого пути, преломляет их и собирает за собой в темном пространстве, занятым луной. Таким образом, слабый свет проникает и в тень ядра, несмотря на отсутствие прямых солнечных лучей. Солнечные лучи проходят через атмосферу, там преломляются и, благодаря влажным слоям воздуха вблизи поверхности земли, теряют свою силу, бледнеют, сохраняя розоватую окраску, как лучи утренней или вечерней зари. Поэтому понятно, что видимость луны в момент затмения зависит от состояния атмосферы. Если слои воздуха богаты водяными парями и, следовательно, могут полностью погасить солнечные лучи, то может случиться, что луна во время полного затмения не будет совсем видна.

Затмение луны, все равно какое, частичное или полное, не составляет местного явления, видимого только в известных областях, в других невидимого, наступающего здесь раньше, там позже. Все точки той части земной поверхности, которая обращена к луне, имеют затмение в одно и тоже мгновение, и везде оно кончится в одно и тоже время. Целое полушарие земли одновременно наблюдает зрелище затмения и, если бы мы могли перенестись с земли в какое-нибудь место пространства, мы и тогда увидали бы луну затемненной. Ведь ясно, что если лампа, освещающая комнату, вдруг гаснет, то ее не видно ни из какой точки пространства. Так же и для всех мест пространства исчезает луна, когда она погружается в тень земли, т.-е. не получает солнечных лучей, обусловливающих ее видимость.

Для наблюдателя на луне, солнце во время земного затмения луны скрывается за землей, которая кажется стоящей на одном месте. В то время, когда у нас бывает затмение луны, на луне наблюдается затмение солнца, подобное нашим земным затмениям солнца, с которыми мы познакомимся в следующей лекции.

Полные лунные затмения не составляют частых явлений природы, поэтому может быть не будет лишним, если я обращу ваше внимание на пять ближайших затмений:

3 мая 1920 видно в Европе и Африке.
27 окт. 1920 „ „ Восточной Азии и Австралии.
24 апр. 1921 „ „ Америке.
20 февр. 1924 „ „ Азии и Австралии.
17 авг. 1924 „ „ Юго-Западной части Азии и Африке.

■■ ■■

ДВАДЦАТАЯ ЛЕКЦИЯ.

СОЛНЕЧНЫЕ ЗАТМЕНИЯ.

Образование солнечного затмения.—Полные, кольцевые и частичные затмения. — Явления, сопровождающие полное затмение.—Протуберанцы и корона.—Предсказание затмений.

В противоположность лунным затмениям, т. н. затмения солнца бывают видны только из некоторых немногих точек земной поверхности и потому имеют совершенно иной характер. Это вы скоро увидите. Пока же мы займемся исследованием их причины.

Солнце,—источник всякого света, конечно, затемняется не потому, что оно как луна погружается в тень земли или какого-нибудь другого тела. Оно может стать для нас невидимым только в том случае, если его закрывает какое-нибудь темное тело, напр., луна. Вы помните, что луна в новолуние, в то время, когда она обращает к нам свою темную половину, становится между землей и солнцем. Если бы эти три тела находились на одной прямой, то тогда каждое новолуние мы бы имели затмнение солнца. Однако, как уже было упомянуто, это положение, в результате отклонения лунной орбиты, наступает довольно редко. В общем луна в период новолуния движется так, что проходит очень близко от соединительной линии земля—солнце, но находится все-таки настолько далеко, чтобы не сбросить на нас свою тень. Следовательно, для образования солнечного затмения мало одного новолуния, т.-е. положения, когда наш спутник находится между солнцем и землей—он должен точно стоять на линии соединяющей оба мировых тела.

Нарисуйте теперь на каком-нибудь черном фоне, напр., на доске, круг и зачертите его поверхность мелом, чтобы она сделалась совсем белой. Затем встаньте против круга, возьмите концом пальцев круглую монету и начните ее приближать к вашему глазу, в то время как другой глаз должен быть закрыт! Когда монета будет достаточно близко от глаза она покроет собой весь круг, как бы велик он не был: он будет **полностью** закрыт. Но этот род полного затмения будет иметь

место только непосредственно за монетой; для кого-нибудь другого, стоящего от вас направо или налево, белый круг будет виден. Теперь, не двигая монеты, наклоните немного голову так, чтобы направление вашего взгляда не изменилось! Круг частично покажется, подобно лунному серпу. В этих условиях затмение будет **частичное**. Наклоните голову еще сильней—серп расширится и вскоре откроется весь круг: затмение исчезло (рис. 100).

Возвратимся обратно к первому положению, когда глаз, монета и круг находились на одной прямой линии! Круг закрыт полностью. Начните понемногу отодвигать монету от глаза и, не изменяя направления, приближаете ее к белому кругу, и вы тогда заметите, как последний рано или поздно покажется в виде белого кольца. Этот особый род затмения, когда закрыта только средняя часть, и края видны в виде кольца, называется **кольцевым**. В наших опытах все зависит от положения глаза. На определенном расстоянии монеты от глаза затемнение круга будет полное или общее; при большем удалении на той же прямой—кольцевое, со стороны—частичное; если монету отодвинуть в сторону — затемнение прекращается. Если бы за одной и той же монетой находилось несколько наблюдателей, то каждый видел бы различное затмение, в большинстве случаев его не видели бы совсем.

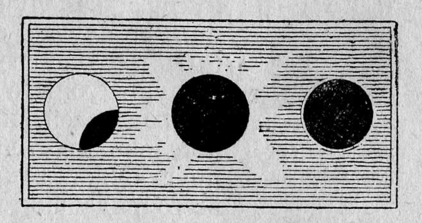


Рис. 100. Вид частичного, полного и кольцевого затмения солнца.

Если в наших предыдущих рассуждениях белый круг заменить солнцем, монету—луной, а вместо наблюдающего глаза представить себе какое-нибудь место земной поверхности, то получится полная картина действительного солнечного затмения. Луна, принимая во внимание ее малую величину, отстоит от нас слишком далеко для того, чтобы была в состоянии закрыть собой все солнце или, что то же самое, окутать всю землю своей тенью. Ее можно сравнить с монетою нашего опыта, которая закрывает круг только для наблюдателя, стоящего непосредственно за ней, для находящегося в стороне—частично или вообще совсем не закрывает. В наиболее благоприятном случае, именно когда луна находится к нам ближе всего, она может бросить на землю тень почти в 250 километров ширины. Для всех мест, лежащих внутри этого круга, солнце будет закрыто полностью, следовательно, будет полное затмение. Вблизи границы этого круга видна только часть солнца и затмение—частичное. В других местах будет виден полный диск солнца и, следовательно, там никакого затмения не будет.

Вследствие обращения земли около оси и вращения луны вокруг нас, этот теневой круг движется по поверхности морей и материков земли, оставляя за собой темную полосу, внутри которой имеет место полное затмение (рис. 101).

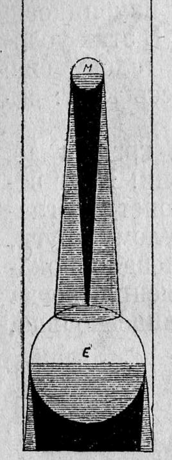


Рис. 101. Положение луны относительно земли при полном солн. затмении.

Следовательно, эта так наз. зона полного затмения, касается только определенных мест земной поверхности. Дольше всего затмение будет продолжаться в середине зоны, а на ее северной и южной границе наступает лишь на мгновение. В первом случае, луна для зрителя проходит через середину солнца, через его центр, во втором—немного выше или ниже его. Во всяком случае, вы понимаете, что солнечные затмения не имеют такого общего характера, как лунные. Об одновременности явления, в случае солнечного затмения, не может быть никакой речи. Представьте себе, что в предыдущем опыте перед белым кругом стоит ряд наблюдателей, и двигающаяся монета последовательно проходит у них перед глазами. Тогда круг будет закрываться не одновременно для всего ряда зрителей, а постепенно для каждого из них в отдельности .Следовательно, затмение может быть для одного наблюдателя полным, для другого—частичным, а для третьего—совсем не будет видно.

Когда луна удалена от нас в достаточной степени, она уже тогда не в состоянии закрыть собой все солнце. Солнце выступает из-за краев черного диска луны, подобно белому кругу из-за краев монеты и, в течение нескольких мгновений, кажется нам узким светящимся кольцом. Тогда имеет место кольцевое затмение (рис. 102). Ясно, конечно, что затмение, которое в некоторых местах земной поверхности кажется кольцевым в других будет частичным, а в некоторых никакого затмения вовсе наблюдаться не будет, по той же причине, которую мы подобно разбирали, когда говорили о полном затмении.

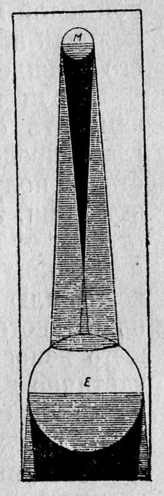


Рис. 102. Положение луны относительно земли при кольцевом затмении.

Солнечное затмение представляет одно из самых богатых впечатлениями зрелищ, доставляемых природой. Внезапно на небе, залитом светом, без всякой видимой причины, начинает чернеть западный край нашего светила. Кажется, что какое-то темное Нечто хочет поглотить солнечный диск. Это мрачное Нечто — луна. Все дальше и дальше дви-

жется тело, все больше становится черное пятно. Светлый диск с каждой минутой все сильнее сужается, дневной свет быстро начинает уменьшатся и, наконец, исчезает последний светлый край светила и наступает затмение. На потемневшем небе появляются планеты и наиболее яркие звезды, которые благодаря свету атмосферы раньше нам не были видны. Температура спадает и внезапно наступает прохлада. Растения, как бы в ожидании ночи, раскрывают свои листья и свертывают цветы. Летучие мыши оставляют свои тайные логовища и носятся в воздухе. Птицы скрывают головы в перьях и в неверном полете ищут свои гнезда. Цыплята бегут под крылья своей матери. Лошади упрямятся и не слушаются кнута, заставляющего их итти вперед. Собаки дрожат от страха и, даже человек, знающий причину этой необыкновенной темноты и предсказавший ее наступление, не может прогнать от себя некоторого беспокойства. Это зловещее явление нагоняет непроизвольный ужас. О, ты, роскошное дневное светило, какое горе, какой ужас обуял бы человечество, если бы твой лик скрылся от нас навеки!

Несколько минут, в лучшем случае от семи до восьми, проходят в этом, полным страхом, ожидании: затем прорывается луч света, солнце все больше и больше выглядывает из под темного покрывала луны и обычный дневной свет понемногу восстанавливается.

Впечатление от полного солнечного затмения ограничивается не только одной темнотой, внезапно окутывающей окружающий ландшафт. Мы находим, что эта темнота отнюдь не похожа на ночь и что ее скорее можно сравнить с первым утренним рассветом, с освещением луны в полной фазе. Этот дымчатый свет происходит отчасти от короны — блестящего венца лучей, окружающего черный круг луны на небе. Серебристое белое кольцо окружает луну, потом постепенно переходит в южные лучи, здесь короткие и искривленные, там длинные и прямые, и эти лучи, в продолжении всего затмения, не изменяют ни своего места, ни направления (рис. 103). Может быть мы заметим еще некоторые красные

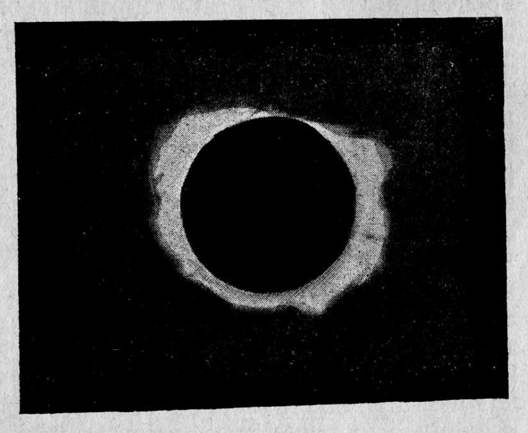


Рис. 103. Солнечная корона во время полного затмения 28 мая 1900 г.

выступы, лежащие плотно на краю луны, которые называются **протуберанцами** и которые иногда распространяются довольно далеко в область короны.

В чем же заключается причина образования короны и протуберанцев? Находится ли она в связи с явлением затмения или нас обманывает атмосфера земли, подобно тому, как это происходит при лунных затмениях, новыми особенными световыми явлениями?

Если мы вглядимся более внимательно, то увидим, что, когда луна проходит с левой стороны через протуберанцы в область короны, то на правой стороне количество протуберанцев и лучей короны увеличивается. Из этого следует, что корона лучей и особенно красные языки, которые мы может быть слишком поспешно сочли доказательством извержения лунных вулканов, принадлежат не луне, а мировому телу, находящемуся за ней—солнцу. Следовательно, кроме солнечного диска, восходящего утром на востоке в виде раскаленного, красного, резко ограниченного шара, или вечером, посылающего нам свой прощальный привет западного горизонта, дневной поток света скрывает от нас еще целый ряд явлений. Красные языки различной длины поднимаются над краем солнца, окруженные нежным светом короны; в обычное время они нам не видны, ибо они исчезают в отраженном свете земной атмосферы. Мы еще раз вернемся к короне и протуберанцам когда будем говорить о солнце.

В прежние времена невежества и суеверия, затмения были причиной всеобщаго страха и ужаса. В них, как и в кометах, видели предвестников божеского гнева. С течением времени наука дала нам их правильное понимание. В настоящее время, в затмениях мы узнаем выражение тех же вечных законов, которые ведут луну и землю по неизменным орбитам и приводят их в известное время в исходные положения по отношению к солнцу. Астроном, которому известны законы неба, может предсказать затмение за любой срок вперед и дать месяц, час и минуту его наступления. Он указывает нам места, где затмение будет полное, где частичное и никогда факты не противоречат ему, ибо он опирается на нечто безошибочное—на неизменные законы неба. Мы не можем следовать ему в его смелых вычислениях. Мы удовольствуемся только правилом для предсказания затмений, которое было еще известно халдеям и вавилонянам. По этому правилу, все затмения солнца и луны повторяются в одинаковом порядке каждые 18 лет и 11 дней. Этот период имеет название происходящее от халдейского слова **цикл Сароса**. Если, таким образом, отметить все затмения в промежутке 18 лет и 11 дней, то можно предсказать наступление затмений в будущем. Однако этот метод не отличается большой точностью, ибо он дает в высшей степени приблизительную дату, а не точное время наступления затмения и не указывает на характер и место его наблюдения. Этим правилом мы получаем в руки только способ приблизительного определения времени наступления затмения.

В этом промежутке времени происходит около 70 затмений, из них 41—солнечное и 28 лунных. Применительно к какому нибудь определенному месту земной поверхности, первые случаются приблизительно в три раза реже, нежели вторые. Это об'ясняется тем фактом, что лунныя затмения имеют общий характер, т.-е. они видны на всем полушарии обращенному к луне, тогда как солнечные наблюдаются только в ограниченной области земной поверхности. Так, для каждого места земли полные солнечные затмения наступают через 200 лет. Если иметь в виду не отдаленную точку, а всю земную поверхность, то полные затмения солнца бывают не так уж редко. В ближайших годах ожидаются следующие полные солнечные затмения.

29 мая 1919 видно в Южной Америке и Африке.
21 сент. 1922 „ „ Индийском океане и Австралии.
10 сент. 1923 „ „ Вел. океане и Сев. Америке.
24 янв. 1925 „ „ Северной Америке и Антлантическом океане.

■■ ■■

ДВАДЦАТЬ ПЕРВАЯ ЛЕКЦИЯ.

РАССТОЯНИЕ И ВЕЛИЧИНА СОЛНЦА.

Базис для измерения солнечного расстояния. — Метод Аристарха Самоского.—Прохождение Венеры через солнечный диск. — Величина солнца по сравнению с землей. — Определение солнечной массы из движения земли.—Сила тяжести на солнце.

Для определения расстояния луны от земли выбирают, как мы видели, на земной поверхности возможно большую основную линию, на обоих концах которой одновременно измеряют угол между линией направления на луну и вертикалью. Затем из чертежа подобной фигуры, или лучше вычислением, находят величину расстояния до луны, выраженную в земных радиусах. Можно было бы полагать, что этот метод применим к любой звезде. Однако, его применение к солнцу встречает серьезное затруднение в том, что величина базиса слишком ничтожна по сравнению с расстоянием, которое нужно определить.

Рассмотрим еще раз рис. 76 (ст. 122), предположив, что оба зенитных расстояния LBM и L^1KM одного и того же меридиана, измеренные в двух далеко отстоящих друг от друга точках, относятся не к луне, а к солнцу. Следовательно, дело сводится только к тому, чтобы получить подобную фи-

гуру, содержащую найденные в B и K для солнца, величины углов. Произведя измерение и построение чертежа мы найдем, что обе линии KM и BM своей длиной превзойдут все меры (рис. 76). Какой бы большой лист бумаги мы не брали его никогда не хватит для выполнения чертежа. Линии идут рядом не пересекаясь и, значит, их можно назвать параллельными.

Какое же следствие можно отсюда вывести? Конечно, только то, что в данном случае длина базиса KB, от крайней точки Африки до середины Европы, по сравнению с расстоянием до солнца, не представляет никакого значения. Земля слишком мала для геометрического построения, вершиной которого является солнце. Измерить расстояние до солнца при помощи земли, это значит построить треугольник с базисом в 10 сантиметров для того, чтобы вычислить расстояние башни, удаленной от нас на один километр. В начале земля казалась нам такой большой; теперь вы, конечно, измените ваше первоначальное мнение, ибо для нашего второго шага в небесном пространстве диаметр земли оказался слишком мал. Астрономия не удовлетворяется ничтожными пространствами на земле. В нашем ограниченном мире она не находит себе опоры для задач, разрешить которые она должна нам помочь. Ну, так освободим ей дорогу в небесный простор, может быть ей удастся найти искомую линию для базиса где-нибудь в другом месте!

Действительно, нужный базис скоро найден—расстояние от нас до луны. На этом расстоянии в 60 земных радиусов геометрия может распоряжаться и действовать. Да, конечно, она могла бы это сделать, если бы была в состоянии производить наблюдения из обоих крайних точек этого базиса, если бы, следовательно, она могла измерить с луны угол между землей и солнцем так, как это она может сделать с земли для угла между луной и солнцем. С этими двумя найденными углами геометрия могла бы выполнить построение подобного треугольника, из которого мы бы узнали величину расстояния от земли до солнца. Здесь, значит, перед нами лежит задача, которую мы уже однажды решили (стр. 119)—определить расстояние до недоступной башни посредством треугольника, одну сторону и два угла которого мы знаем; к сожалению глаз геометра никогда не будет в состоянии измерить нужный угол с луны. Следовательно, надо как-нибудь обойти эту трудность и найти обходный путь для того, чтобы устранить необходимость измерения угла с луны.

Для этой цели можно только последить за фазами луны и выждать время, когда угол с луны будет прямым. Первым человеком, который пришел к этой гениальной мысли, был известный астроном древности Аристарх

Самосский. Благодарная наука назвала его именем один из самых красивых кратеров луны. Из следующего вы должны понять его способ!

Посмотрите на рис. 104! E будет место наблюдения с земли, S—солнце, M—луна. Ровно в последнюю четверть, т.-е. тогда, когда луна показывает нам свой полуосвещенный диск, угол SME будет прямым. Если направить зрительную трубу угломера, с одной стороны, на линию, разграничивающую темную часть лунного диска от светлой, с другой—в средину солнца, то полученный угол SEM, будет искомым углом данного места земной поверхности. Дальше мы знаем, что в треугольнике EMS сторона EM равняется 60 земным радиусам. Этого достаточно для построения подобной фигуры из отреза EM, угла E и угла M, и тогда мы имеем случай, с которым нам уже однажды пришлось встретиться при измерении расстояния до недоступной башни.

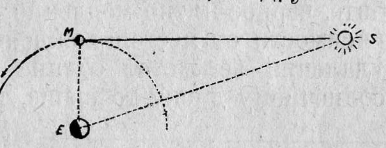


Рис. 104. Старинный опыт определения расстояния от солнца до земли.

Метод Аристарха в теоретическом отношении превосходен, но практически неприменим, ибо необычайно трудно установить время, когда луна обращает к нам точно половину своего освещенного диска. Ничтожная неточность в определении этого момента ведет к совершенно ошибочным результатам. Так Аристарх нашел солнце в 19 раз дальше луны, тогда как оно в действительности отстоит от нас на 400 лунных расстояний. Поэтому в совершенных исследованиях предпочитают более целесообразные и, во всяком случае, более точные методы. Я приводил опыты Аристарха, потому что его путь является единственным, который вы можете понять. Кроме того, его способ вам ясно показывает, как первое, измеренное на небе расстояние может служить ступенью для измерения второго, более значительного. Применяя последнее в качестве масштаба для определенного третьего, астрономия постепенно переходит к измерению отдаленнейших областей неба.

Значительно лучший путь для определения расстояния до солнца, но который я могу здесь только наметить, представляют прохождения Венеры перед солнечным диском.

Вы скоро узнаете, что не одна только земля вращается вокруг солнца. Она имеет очень много сотоварищей, частью бо́льших, частью же меньших ее. Это—такие же земли, как и наша, мировые тела, которые вращаются вокруг солнца, получая от него свою часть света и тепла. Одно из них называется Венерой. Эта звезда по размерам приблизительно равна земле, но стоит ближе ее к солнцу. Несмотря на свой

громадный об'ем, это мировое тело, проходя между солнцем и землей, кажется маленькой черной точкой на светящемся диске дневного светила (рис. 105). Если бы Венера была бы к нам ближе, то она окутывала бы нас своей тенью и вызывала бы затмение солнца; но на том расстоянии, на котором она находится, она закрывает только незначительную часть солнца, образуя на его поверхности круглое, черное пятно, которое настолько мало, что не видимо простым глазом. В то время, как планета движется дальше по своей орбите, черное пятно медленно проходит по диску солнца. В зависимости от местонахождения наблюдателя, равно как и от удаления земли от солнца и Венеры, пятно движется по солнечному диску то выше, то ниже. Если измерить, из двух удаленных друг от друга точек земной поверхности, кажущийся путь Венеры по солнечному диску, то из полученных величин и расстояния между обоими точками, из которых ведется наблюдение, можно очень точно вычислить удаленность солнца от земли.

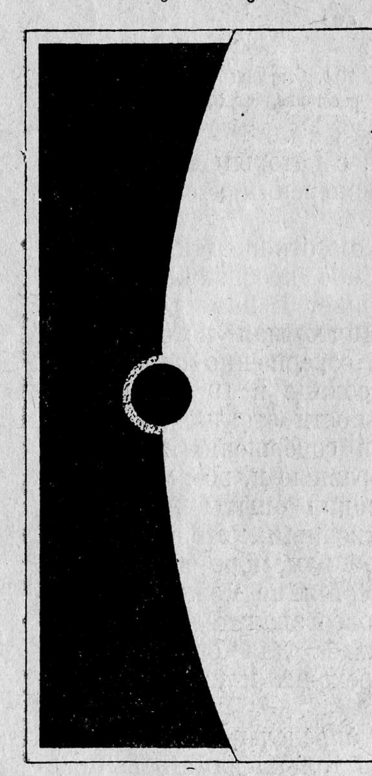
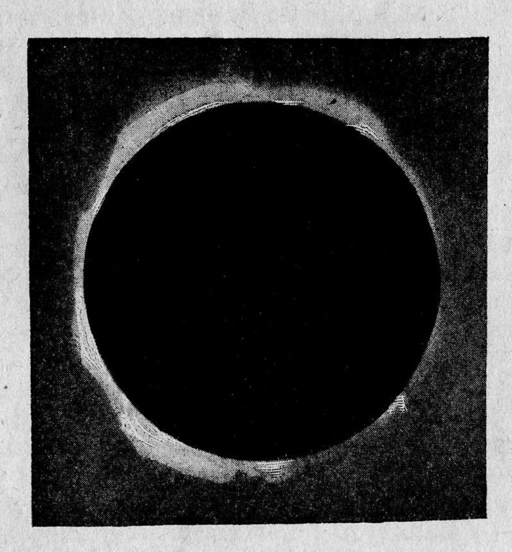


Рис. 105. Вид Венеры в конце так наз. прохождения Венеры.

Этим и другими измерениями было найдено, что расстояние до солнца равно 24.000 земным радиусам или в круглых цифрах 150.000.000 километрам. Для того, чтобы заполнить это громадное пространство или, другими словами, перекинуть мост с земли на солнце, потребовалось бы составить ряд из 12.000 земных шаров. Пусть никто не воображает, как бы долго его жизнь не продолжалась, что он может достигнуть солнца, пользуясь нашими лучшими средствами сообщения. Время этого путешествия далеко бы вышло из пределов человеческой жизни. В самом деле, самому скорому поезду, проходящему без остановок по 100 километров в час, для этого путешествия потребовалось бы 175 лет. Пушечный снаряд, вылетающий из канала орудия со скоростью 400 метров в секунду, или 1.440 километров в час, чтобы достигнуть солнца должен был бы лететь, сохраняя свою начальную скорость в течение 12 лет.

Таблица 6.





Солнечная корона и протуберанцы во время полного затмения 16 апреля 1893 года. (Комета, случайно открытая во время полного затмения, нарисована наверху направо).

Применяя к дальнейшему вычислению найденное расстояние и угловой или кажущийся поперечник солнца, который почти равен лунному и составляет немного больше полуградуса, можно ранее об'ясненным способом (стр. 166) вычислить действительный диаметр или радиус солнца, а отсюда и его об'ем. Таким образом находят, что радиус солнца равен 109 радиусам земли, а его об'ем в 1.300.000 раз больше об'ема земли.

Для того, чтобы выполнить меру вместимостью в 1 литр, требуется около 10.000 зерен пшеницы. Следовательно, 100.000 зерен уместятся в 10 литрах, а 130.000—в 130 литрах. Представьте теперь себе, что у вас это количество пшеницы ссыпано в кучу, а рядом—одно зернышко; это отдельное зернышко представит нам землю, а куча в 130 литров—об'ем солнца!

Если бы центр солнца занял то место мирового пространства, где находится земля, то последняя совершенно незаметно пропала бы в его бесконечной массе, поверхность солнца вышла бы далеко за пределы лунной орбиты и распространилась бы в пространство еще на величину, почти равную расстоянию до луны (рис. 115). Действительно, расстояние от земли до луны равно 60, а диаметр солнца 109 земным радиусам.

Астрономия не удовлетворяется этими удивительными результатами. После измерения расстояния и об'ема солнца, она переходит к определению величины солнечной массы, т.-е. исследует во сколько раз вес солнца превосходит вес земли. Мы только сейчас нашли, что солнце в 1.300.000 раз больше земли, но это еще ничего не говорит о его весе; пробковый шар, может быть во много раз больше свинцового шара и, вместе с тем, весить все-таки меньше. В виду того, что на основании об'ема мы не можем судить о количестве или плотности вещества, то для определения массы солнца остается только один способ: мы должны его взвесить. Припомним, что мы уже раз взвесили землю так, как если бы представлялась возможность положить ее на чашку весов!

Здесь же, несмотря на расстояние, разрешить эту задачу будет легче. Мы знаем, что шар заключающий в 2,—3,—4 раза больше вещества, чем какой-нибудь другой, притягивает на одинаковом расстоянии в 2,—3,—4 раза сильнее. Следовательно, вопрос сводится к тому, чтобы определить во сколько раз сильнее притягивается данное тело солнцем, нежели землей, если падение происходит на том же расстоянии и в одинаковое время.

На земле всякое падающее тело проходит в первую секунду 4,9 метра. Если бы падение происходило не на поверхности земли, а на расстоянии 24.000 земных радиусов или, другими словами, если бы тело было удалено от земли на

расстоянии равном солнечному, то скорость падения уменьшилась бы пропорционально квадрату расстояния. Следовательно, была бы равна $\frac{4.9}{24\ 000 \times 24\ 000}$. Не производя вычисления, давайте обозначим полученную величину через m. Теперь нам еще необходимо, определить опытным путем скорость падения тела на солнце. Это исследование, которое кажется на первый взгляд невозможным, благодаря движению земли, легко исполнимо.

Возвратимся обратно к рис. 91 восемнадцатой лекции. Переменим значение букв так, что E у нас будет солнце, A будет земля, двигающаяся по годовой орбите с радиусом равным 150.000.000 км. Положим, в одну секунду земля переходит из точки A в B. Она, следовательно, падает по направлению к солнцу на величину отрезка FB, который можно точно вычислить из величины земной орбиты и времени, необходимого для полного обращения. Между тем, скорость падения на землю при расстоянии в 150 миллионов километров, равна величине m, о которой речь была выше. Если произвести все вычисления, то окажется, что величина m содержится в FB 330.000 раз. Путь FB, проходимый падающим телом под влиянием солнца в 330.000 раз более величины m, получающейся от действия земного притяжения и, следовательно, солнечная масса тяжелее земли в 330.000 раз.

Может быть один пункт, как в этом доказательстве, так и в доказательстве относительно луны, покажется вам мало обоснованным. Не должны ли луна и земля, вес которых в бесконечное число раз превышает вес всякого земного предмета, падать быстрее?

Возьмите полную пригоршню шаров и выпустите их: шары будут падать все вместе и достигнут земли в одинаковое время. Кажется, что они взаимно связаны или представляют одно целое тело. Один шар, равный совокупности этих шаров не стал бы падать быстрее, нежели каждый из них. Песчинка и земля падают на солнце с равной скоростью, если их падение происходит в одинаковых условиях.

Из массы солнца и его радиуса, заключают о величине силы его тяжести. Вычисление, необходимое для решения этого вопроса, в высшей степени просто. Если бы солнце уплотнило всю свою массу в пространство равное об'ему земли, то сила его притяжения была бы в 330.000 раз больше притяжения земли. Но, в виду того, что солнечный радиус в 109 раз больше земного и потому предметы находятся на его поверхности от центра на расстоянии в 109 раз больше, чем на поверхности земли от ее центра, следовательно и сила притяжения должна быть меньше и именно—пропорционально квадрату расстояния. Разделим, значит, 330.000 на квадрат 109, т.-е. на 11.881 и получим в качестве округленного ре-

зультата цифру 28. Следовательно, на поверхности солнца сила тяжести больше не в 330.000, а только в 28 раз нежели на поверхности земли.

Итак, свободно падающее на поверхности солнца тело, проходит в первую секунду 28 × 4,9 или 137 метров и предмет в 1 килограмм весом на земле, на солнце будет весить 28 киллограммов только потому, что там он сильнее притягивается.

Какую жалкую фигуру представляли бы мы с вами на солнце! Как бы мы не были слабы, на земле мы бодро несем тяжесть нашего тела; мы свободно двигаемся, и сила тяжести нам почти не мешает, ибо наши силы соразмерно приспособлены природой к определенной тяжести. На солнце мы должны были бы нести тяжесть тела в 28 раз большую, и, следовательно, уподобиться человеку, у которого на плечах сидит еще 27 человек. Придавленные тяжестью, мы бы лежали на солнечной поверхности, как пригвожденные или, может быть, даже были бы раздавлены собственным весом, как кусок масла, который вследствие собственной тяжести сплющивается и расплывается по поверхности, на которой лежит.

■■ ■■

ДВАДЦАТЬ ВТОРАЯ ЛЕКЦИЯ.

ФИЗИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ СОЛНЦА.

Плотность солнечной материи.—Солнечные пятна и факелы.—Газовая оболочка солнца. — Состав солнечной атмосферы. — Фотография спектра протуберанцев и факелов.

Громадная масса солнца не стоит в прямом отношении с его об'емом. Если бы все его вещества были однородно перемешаны, то каждый кубический дециметр солнечной материи весил бы 1,5 килограмма, следовательно, не на много больше воды. Для 1 кубического дециметра земли, взятой в равных условиях, мы нашли число 5,5 и, таким образом, вещество, составляющее солнце в среднем в четыре раза легче материала земли. Значит, плотность солнца соответствует четвертой части плотности земли. Вы можете получить это число, разделив найденную величину солнца (330.000 земных шаров) на его об'ем (1.300.000 земных шаров).

Эта легкость солнечной материи, взятой в ее совокупности, об'ясняется тем предположением, что наружная оболочка светила состоит, благодаря чрезвычайно высокой температуры, из огромного скопления газа и что внутри находятся более плотные, жидкие или твердые вещества. Эта оболочка, в силу которой об'ем солнца кажется значительно

большим, соответствующим образом уменьшает средний вес мирового тела.

Если смотреть на солнце через зрительную трубу, которая должна быть снабжена зачерченным стеклом для ослабления блеска и тепла его лучей, на поверхности почти всегда можно обнаружить некоторое количество неправильных пятен, которые своей чернотой резко отличаются от остального светлого фона (рис. 106). Самые крупные из этих солнечных пятен бывают окружены серыми полосатыми краями, которые называются полутенью или венцом (пенумброй, рис. 107). Произведя последовательные наблюдения в течение нескольких дней, можно обнаружить, что эти пятна медлено движутся по солнечной поверхности с востока на запад, на краях пропадают и затем, меньше чем через четырнадцать дней, снова показываются на другой стороне. На основании этого периодического возвращения одинаковых пятен, можно вывести заключение, что солнце обращается в 25½ суток вокруг оси таким же образом, как и земля.

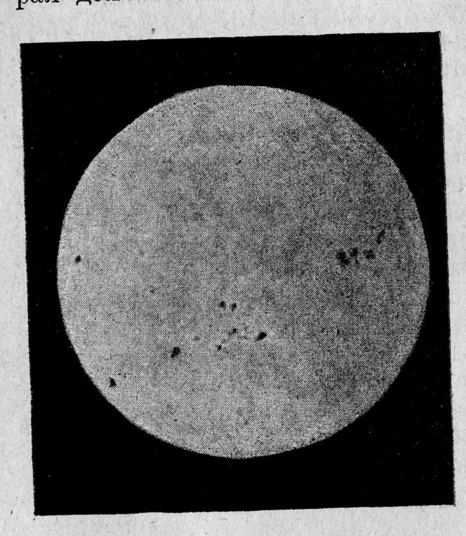


Рис. 106. Вид солнечной поверхности во время сильного образования пятен факелов по фотографии 20 сентября 1870 г.

Солнечные пятна не представляют постоянных образований. То их насчитывают очень много, то очень мало, или даже совсем не находят. Некоторые возникают в течение нескольких часов перед глазами наблюдателя, подобно грозовым тучам, другие разрываются, принимают иные формы или растворяются и пропадают в светящемся фоне. Некоторые, более постоянные, проходят перед нашими глазами, вследствие обращения солнца вокруг оси и появляются через 14 дней в том же виде, но очень редко сохраняются

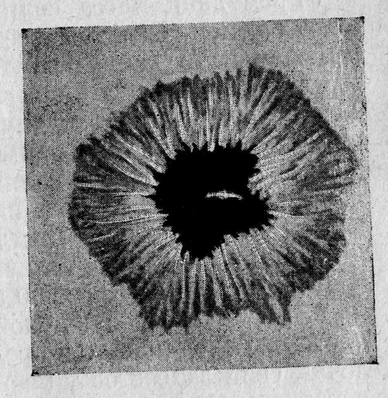


Рис. 107. Строение нормального солнечного пятна с ядром и венцом.

в течение нескольких последовательных обращений. Посредством точных измерений мы узнали о громадном протяжении этих пятен, поверхность которых часто превышает размеры земли (рис. 108).

В некоторые годы пятна бывают особенно многочисленны. Тогда они покрывают группами или по отдельности две особенно излюбленные зоны—севернее и южнее солнечного экватора, и тогда вообще дневное светило редко появляется в совершенной чистоте. Затем опять наступают годы, тогда образуются только одиночные пятна то тут, то там. Точные наблюдения показали, что это усиление и понижение солнечной деятельности, в среднем связано с 11-ти летним периодом, от которого, однако, могут происходить отклонения, достигающие иногда нескольких лет: 1894, 1907 и 1917 г.г. были исключительно богаты пятнами, тогда как 1901 и 1913 г.г. отличались особенной бедностью образований подобного рода.

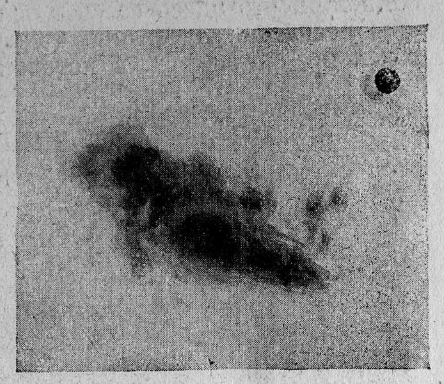


Рис. 108. Фотография большой группы солнечных пятен 3 февраля 1905 года. Черный круг помещен для сравнения с величиной земли.

Что же представляют собой эти пятна? Может быть это охлажденные массы, плавающие в раскаленной газовой оболочке солнца, как облака в нашей атмосфере? Или—углубления, образующиеся в огненной оболочке и позволяющие неясно видеть более темные внутренние части солнца? Этого мы точно не знаем; солнце еще не поверило нам своих тайн. Одно, кажется, только точно установлено, что те громадные пятна, которые образуются в несколько дней, изменяются, то скучиваются, то растворяются, находятся в среде очень подвижной материи,—масса, подвергающаяся таким необычайным превращениям должна обладать очень небольшой сопротивляемостью.

Рядом с этими темными пятнами на солнечной поверхности, плавающими на подобие осторовов в световом море видимой поверхности солнца, или фотосфере, на солнце имеются еще такие места, которые выделяются своей повышенной яркостью и называются солнечными факелами. Их замечают—обычно только около пятен и всегда поблизости от солнечного края, в виде светлых прожилок, проходящих через фотосферу (см. рис. 106). Отчего они скрываются от нас в середине солнечного диска мы поймем тогда,

когда снимем предохранительное стекло с зрительной трубы и примем изображение солнца на лист плотной бумаги для рисования. В этом случае, когда зрение не утомляется, и можно смотреть на солнце в его естественной окраске, мы обнаруживаем, что края солнечного диска сильно затемнены.

Чем ближе к краю, тем слабее светится фотосфера; нет сомнения, что здесь ее свет ослабевает и именно поэтому на краю особенно отчетливо выступают яркие факелы. Следовательно, фотосфера, в которой мы сначала видели поверх-

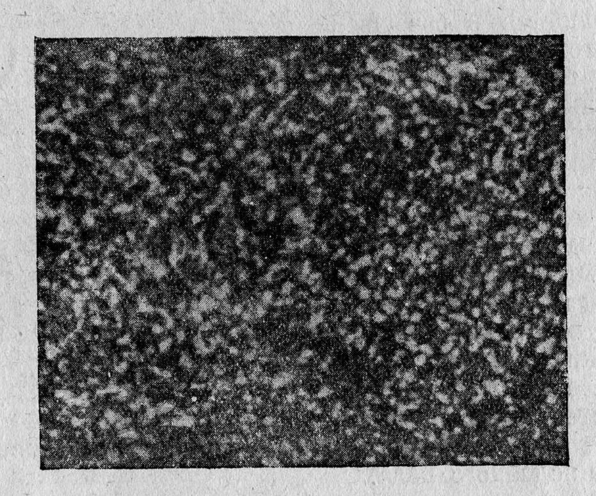


Рис. 109. Грануляция солнечной поверхности по фотографии.

ность раскаленного солнечного шара, представляет собою только его шарообразную атмосферу. В середине диска, где лучи солнечного ядра проходят по вертикальному направлению через сравнительно тонкий слой этой атмосферы, они нам кажутся почти совершенно неослабленными, на краю же, где свет должен преодолеть значительно более плотную оболочку, он сильно теряет в своей яркости.

Значит мы знаем: солнечное ядро скрыто от нас светящейся, шарообразной атмосферой, в которой носятся, похожие на лучи, пятна и факелы. Она, как и наша атмосфера, понижает действие проникающих через нее световых лучей. Но мы без труда можем установить, что солнечная атмосфера не обладает прозрачными свойствами земной оболочки. Попробуйте теперь немного подвигать белый экран, на котором появилось изображение солнца! Тогда вы без сомнения обнаружите легкое мерцание фотосферы, как будто солнце состоит из массы светлых и матовых зерен. Это явление называют зернистостью или г р а н у л я ц и е й.

Без сомнения вам знакомы облака—«барашки», которые, в летний или осенний вечер, тихо проплывают мимо и при наступлении темноты заполняют все небо и, только изредка, в их промежутках вспыхивает та или другая звезда. Представим себе отдельные тучи, величиной с наши страны и предположим, что солнечная атмосфера составлена из подобных туч, тогда мы получим приблизительную картину состояния ближайшего к нам солнечного слоя. Особые тучевые образования, для сравнения которых мы не можем подобрать земных предметов, приблизительно величиной с земную поверхность и даже больше, представляют собой солнечные пятна.

Это все, что раскрывает нам из тайн солнца зрительная труба. К счастью, в нашем распоряжении находятся еще две возможности для исследования солнца и его оболочек: полные солнечные затмения и разложение света посредством спектроскопа.

Если мы припомним затмения, в особенности протуберанцы и корону, то мы должны принять, что фотосфера не будет единственной газовой оболочкой солнца. Над нею лежит тонкий, розоватый слой—х р о м о с ф е р а. Отдельные, наиболее легкие части этого слоя поднимаются в пространство в виде облаков или скопления пара — п р о т у б е р а н ц е в. Третьей, наружной атмосферой солнца, ее заключительной оболочкой, является к о р о н а. Она окружает солнце в виде шара, а посылают материю, из которой состоит, лучеобразными токами в пространство. Поэтому вид короны с каждым затмением различен. То она высоко поднимается над экватором солнца, оставляя его полюсы свободными (рис 103), то распределяется довольно равномерно вокруг фотосферы. Без сомнения, корона представляет самую загадочную область солнца, и астрономы не боятся предпринимать далекие путешествия в местности полных затмений только для того, чтобы заняться подробным изучением солнечной короны.

Какого рода заключения можно делать на основании темных линий спектра солнечного света — мы уже знаем из лекции о спектральном анализе. Прежде всего, на основании факта получнеия сплошной спектральной полосы, мы считаем, что солнце состоит из твердого или жидкого центрального шара, которой находится в состоянии свечения вследствие чрезвычайного жара. Так астрономы нашли, посредством измерений солнечного излучения, что температура солнца приблизительно равна 6.000 градусам. Это блестящее ядро окружает газовая оболочка громадной толщины, род атмосферы, которая состоит из паров веществ, испаряющихся под влиянием жара. Это не голубой небесный свод, какой образует воздух на земле, с висящими в нем дождевыми тучами; это—море пламени, пронизываемое ослепительными

молниями, огромное скопление огненных металлов, которые вероятно падают вниз дождем расплавленного металла, затем снова испаряются и собираются в тучи, которые опять разражаются ужасными дождями. Солнечное ядро излучает свет, одинаковый со светом лампы нашего опыта; но он, проходя через окутывающую ядро газовую оболочку, теряет часть своих первоначальных лучей. Следовательно, он не вполне доходит до нас и многочисленные темные линии спектра говорят о том, какие вещества составляют атмосферу солнца. Там мы находим линии железа, никкеля, меди, серебра, платины, натрия, калия и кальция. Солнечная атмосфера не лишена так же углерода и водорода. Только присутствие очень небольшого количества земных металлов не было достоверно доказано в солнечном спектре. К ним относятся, главным образом, два тяжелых металла—золото и ртуть. С другой стороны, в цветной полосе солнца были замечены такие линии, которые нельзя согласовать с известными земными веществами, но исследование тысячи спектральных линий еще далеко не закончено. С одним газом, который несколько тяжелее водорода, гелием (газ солнца), впервые познакомились при исследовании солнечного спектра. После этого его открыли в некоторых земных минералах, даже в атмосфере земли, и только тогда удалось восстановить линию за линией его спектра в солнечном свете. Так же в свете некоторых звезд, напр. плеяд, можно обнаружить гелий. Из исследований солнечного спектра пока можно вывести следующее: несмотря на 150 миллионов километров, которые разделяют солнце и землю, между обоими телами существует бесспорное соответствие в основных химических веществах или элементах. Охлажденная земля и раскаленное солнце в общем содержат одни и те же составные части.

Но, что говорит спектроскоп относильно протуберанцев и короны? Когда французский астроном Янссен направил призматический прибор на солнце во время солнечного затмения 18 августа 1868 года, когда тень луны проходила через Индию, он был немало удивлен: протурберанцы и соседняя атмосфера не обнаружили никакого сходства с солнечным спектром. Три яркие линии, красная, синяя и фиолетовая проходили по сплошному спектру фона неба, и их положение не вызывало никаких сомнений относительно того, что они принадлежат водороду. Припомним наши прежние результаты: в спектроскопе образуются темные линии от охлажденного газа, включенного в плмя светового источника, светлые—от газа, находящегося в состоянии каления. Таким образом было доказано, что над фотосферой, с ее бесчисленными парами металлов, находится атмосфера, состоящая из раскаленного водорода, посылающая в мировое пространство раскаленные тучи водорода в виде протуберанцев. Так и в короне

позднее были найдены, рядом с темными, так же и светлые линии. Один из этих неизвестных газов, который вероятно легче водорода, был назван коронием. Если он находится на земле, то его надо искать в высших слоях атмосферы, куда, конечно, никто проникнуть не может.

Столь же интересны результаты, которые достигла современная астрономия в области физики солнца. Если бы я хотел об'яснить вам все те многообразные приемы и методы, которые при этом применяются, это завело бы нас слишком далеко, но с одним удивительным способом вы должны познакомиться на нескольких рисунках.





Рис. 110. Исчезновение водородного протуберанца 18 февраля 1908 года.

Астроном прикрепляет к концу окуляра большой спектроскоп, сильно рассеивающий свет и устанавливает одну из трех темных водородных линий солнечного спектра. Если бы он хотел производить наблюдения на самом конце, он установил бы аппарат по линии красной части, но так как он имеет в виду произвести фотографическую с'емку — а светочувствительная пластинка почти не подвержена действию красного света—вспомните хотя бы о красном освещении проявительной комнаты фотографа—он, по общему правилу, всегда выбирает полосу фиолетовой части спектра. Затем все, что находится по сторонам этой линии затемняется и, с установленным подобным образом электроскопом, фотографируется солнце. Следовательно, работа ведется так, как если бы она происходила в обычных условиях, только с той разницей, что здесь примеянется только свет фиолетового водородного луча.

Само солнце при этом не может сфотографироваться, ибо его свет в этом месте дает темную линию. В клавиатуре тонов солнечного спектра недостает как раз этой клавиши. Будут видны только водородные протуберанцы, очень сильно излучающие этот род света, которые в наших условиях опыта оставят след на фотографической пластинке (рис. 110). Следовательно, теперь астроному для того, чтобы сфотографировать или прямо наблюдать протуберанцы, не надо дожидаться наступления солнечных затмений и ради этого предпринимать путешествие в далекие страны. В зависимости от того, какую линию он выбирает, красную, синюю или

фиолетовую, он видит протуберанцы не в их естественном розовом, или нежно лиловом оттенке (который получается смешиванием красного, голубого и фиолетового цвета), а в ярко-красной, голубой, или темно-фиолетовой окраске.

Способ непосредственного наблюдения протуберанцев помощью спектроскопа известен, как было уже упомянуто, с 1868 года. Но только в последнее время его удалось довести до такой степени совершенства, что во всех отношениях получаются удовлетворительные фотографические результаты. Даже больше того, мы уже слышали раньше, что наблюдение солнечных факелов ограничивается только областями солнечного края; в средине диска они не видны из-за сильного излучения. Спектроскопическое исследование показало, что эти факелы содержат тоже раскаленные пары и, главным образом, газообразный кальций, светлые линии котоорго лежат в той области солнечного спектра, где имеется наибольшее количество полос (к рис. 70). Солнце, сфотографированное в свете линии К, представляется нам черным и лишенным света, но зато становятся особенно отчетливо заметны, рассеянные по фотосфере, световые хлопья паров кальция, которые были найдены и в протуберанцах. Таким образом, при помощи последовательных фотографических снимков, мы можем восстановить картину солнца, со всеми особенностями фотосферы, грануляцией, пятнами, факелами, а также вместе с находящейся над ней хромосферой и протуберанцами. Таким образом, мы получаем возможность держать солнце и его изменения в границах определенного рода света, пока, главным образом, двух газов: кальция и водорода. Картина солнца, полученная путем кальциевого света, дополняет картину, полученную наблюдением линии водорода, и является возможность отделения протуберанцев кальция от обычных водородных протуберанцев и т. п. Никакая зрительная труба не покажет так солнце, как мы его видим



Рис. 111. Кальциевый факел и протуберанц по спектрогелиографической с'емке.

на подобных снимках, ибо в обычных условиях избыток света ослепляет наш глаз. Помощью подобного рода приспособлений для фотографирования, которые называют спектрогелиографами, мы устраняем все, мешающие наблюдению виды лучей и пользуемся только теми, которые непосредственно служат нашей цели (рис. 111 и 112).

Только одну корону тщетно пытались фотографировать подобным образом; до сих пор мы можем ее исследовать только во время полных солнечных затмений. В качестве внешней солнечной оболочки она представляет собой интерес для исследования, который еще более усиливается от ее загадочной, лучеобразной, постоянно меняющей формы.

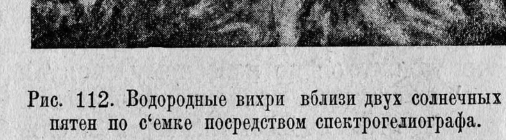


Рис. 112. Водородные вихри вблизи двух солнечных пятен по с'емке посредством спектрогелиографа.

Следовательно, солнце, центральное тело планетного мира, не есть просто раскаленный металлический шар, за который вы, вероятно его приняли при беглом взгляде. В середине его находится твердое или жидкое ядро, окруженное металлическими облаками—фотосфера с пятнами и факелами .Затем за ней следует слой охлажденных металлических паров, вызывающих темные линии спектра. Сверху находятся легкие газы, которые наименее слабо подвержены действию силы притяжения солнца—раскаленные массы хромосферы и протуберанцев и снопы лучистой материи короны, которые светятся частью самостоятельно, частью же освещаются солнечным светом. Это приблизительная картина, которую нам рисует наука об удивительном строении нашего дневного светила!

■■ ■■

ДВАДЦАТЬ ТРЕТЬЯ ЛЕКЦИЯ.

СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА.

Планеты луны и их движение.—Законы Кеплера.— Зависимость между временем обращения и расстоянием планет от солнца.— Об'ем, масса и плотность планет.

Вокруг гиганта неба—солнца, которое удерживает силой своего притяжения на постоянных орбитах, вращающиеся вокруг него тела, движется вместе с землей еще некоторое количество подобных ей тел. Одни из этих тел больше земли, другие меньше, одни ближе, другие дальше. Все они темны, как и земля, и получают свою долю тепла и света от солнца. Их называют блуждающими звездами или планетами. В то время, как эти звезды вращаются вокруг главного тела, они в свою очередь окружены меньшими небесными телами. Последних называют спутниками планет или их лунами. Солнце вместе с планетами и спутниками образует солнечную систему.

Слово планета означает—блуждать вокруг, и русское обозначение, — «блуждающая звезда», вполне соответствует этому смыслу. В то время, как неподвижные звезды сохраняют свое постепенное взаимное положение, как будто бы они были прикреплены к куполу, который вращается вместе с ними, планеты, обращаясь вокруг солнца, меняют свои места. Они движутся по небесному своду и с каждым днем меняют свое положение относительно звезд. Сегодня мы видим планету в этом созвездии, через месяц она будет в другом, но всегда около кажущейся солнечной орбиты или эклиптики.

В настоящее время астрономы насчитывают планеты сотнями. Между ними различают восемь больших и большое количество малых, причем последние не беспроядочно рассыпаны, как песок под камнями, но находятся на вполне определенных местах солнечной системы. По порядку удаленности от солнца, планеты располагаются следующим образом: Меркурий, Венера, Земля, Марс, и малые планеты—или астероиды, затем Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун.

Если не считать малые планеты, можно заметить, что орбиты больших планет никогда не пересекаются, не входят одна в другую и вообще не перепутываются. Дальше можно констатировать, что пути больших планет не опускаются и не поднимаются, никогда не наклоняются, ни направо, ни налево; их орбиты лежат приблизительно все в одной плоскости, как концентрические круги на бумаге. И эта общая плоскость почти совпадает с мысленно продолженным в пространство экватором солнца. Наконец, все планеты движутся одинаковым образом вокруг солнца. Если бы наблюдатель стоял на северном полюсе солнца, то он бы заметил, что все

тела солнечной системы вращаются вокруг него в одном и том же направлении—справа налево. В этом же направлении обращаются они около своих осей и также движется большинство спутников вокруг своих планет.

Движение планет вокруг солнца происходит по трем законам, впервые открытым Кеплером и поэтому называющихся законами Кеплера. Они говорят следующее:

1. Все планеты вращаются вокруг солнца, по особым орбитам, форма которых несколько отличается от окружности —эллипсам. Все эти эллипсы имеют один общий фокус—солнце.

2. Движение планет по орбитам происходит не совсем равномерно. По близости от солнца они движутся быстрее, вдали от него—медленнее. Их радиусы векторы в равные времена, описывают равные площади.

3. Квадраты времен обращения двух планет относятся, как так назыв. кубы их расстояний от солнца.

Конечно, вы сразу не сможете ощутить смысла этих законов, и поэтому мы их разберем по порядку.

Первые два закона были, исчерпывающим образом, разобраны при движении земли вокруг солнца (см. ст. 69). Для иллюстарции заключительного положения второго закона давайте представим себе, что планета обращается в течение 12 месяцев вокруг солнца по изображенной на рис. 113 эллиптической орбите. Если теперь проведем от точки начала и конца каждого месяца радиусы векторы, т.-е. линии, соединяющие их с солнцем, то последние, в зависимости от ускоренного или замедленного движения планеты, замкнут различные углы. Площадки SAB, SCD, SEF и т. д., если не принимать во внимание скорость движения, будут между собой равны.

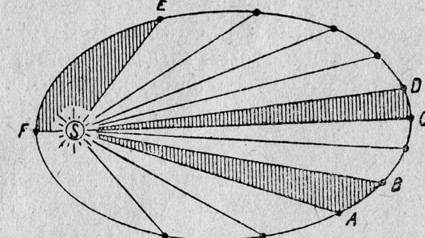


Рис. 113. Сильно преувеличенное изображение эллиптического движения планет: заштрихованные поверхности, описанные в разные времена радиусом вектора, между собой равны.

Третий закон Кеплера имеет особенно важное значение. Для понимания его смысла я вам должен напомнить, что путем помножения какого-нибудь числа на то же число получается его квадрат, при его же двукратном помножении на самого себя—куб. Так, например., $4\times4=16$ будет квадрат четырех, $4\times4\times4=64$ будет кубом этого числа. Третий закон Кеплера гласит: если мы раз заметим, сколько времени потребовалось планете для обращения вокруг солнца, т.-е для того, чтобы она могла вернуться в исходное положение, то мы легко сможем вычислить степень ее удаленности от солнца.

На следующем примере это положение станет более наглядным. Для того, чтобы мы при наших измерениях могли иметь удобную и простую меру времени и расстояния, в качестве единицы выберем орбиту земли и скажем: земля движется, в течение одного года, на расстоянии 1—вокруг солнца, а на нашем чертеже, положим это расстояние будет равно 1 сантиметру. Затем мы тщательно наблюдаем движение какой-нибудь планеты на небе, причем окажется, что полный оборот она совершает в 8 лет. На каком же расстоянии от солнца должны мы поместить планету на чертеже, чтобы полученная фигура была бы подобной во всех своих подробностях?

Пользуясь третьим законом Кеплера, задачу можно решить очень просто. Отношение квадратов времен обращения $\frac{\text{планета}}{\text{земля}}$ будет равно $\frac{8 \times 8}{1 \times 1} = 64$. Кубом какого числа является 64? Конечно, 4, ибо $4 \times 4 \times 4$ дает прямо 64. Следовательно, для того, чтобы правильно поместить орбиту на чертеже, я должен описать окружность с радиусом в 4 сантиметра. Если не считать того, что в действительности орбиты не точные круги, а кругоподобные эллипсы, наш чертеж вполне соответствует действительности. Если мы захотим, то можем перечислить это расстояние в километры. Расстояние земли, изображенное на чертеже равном 1 сантиметру, соответствует в действительности 150.000.000 километрам и, следовательно, данная планета удалена от солнца на $4 \times 150.000.000$ или 600.000.000 километров.

Разве это не замечательный прием для измерения расстояний, который не требует ни базиса, ни точных угловых определений? Давайте же применим его ко всем планетам! Прежде всего, я вам сообщу времена обращений планет, которые были определены непосредственным наблюдением. По этим временам обращения в годах, вы сначала образуете их квадрат, а затем найдете число, которое, будучи дважды помножено само на себя, даст этот квадрат. Итак, внимание!

Планета.	Время обращения в годах.	Его квадрат.	Расстояние от солнца Земля = 1
Меркурий	0,24	0,058	0,39
Венера	0,62	0,384	0,72
Земля	1,00	1,000	1,00
Марс	1,88	3,534	1,52
Юпитер	11,87	140,660	5,20
Сатурн	29,46	867,892	9,54
Уран	84,07	7067,765	19,19
Нептун	164,90	27192,010	30,07

Чтобы проверить, произведем помножения $0{,}39 \times 0{,}39 \times 0{,}39 = 0{,}059$, далее $0{,}72 \times 0{,}72 \times 0{,}72 = 0{,}373$ и т. д. Если числа не вполне совпадают, то это происходит от того, что я дал для наглядности цифры последнего ряда в сильно укороченном виде. Для того, чтобы получить эти растояния от солнца в километрах, мы должны только помножить последние числовые значения на расстояние земли от солнца, т.-е. на 150.000.000 километров.

Займемся некоторое время расстоянием, на котором движется Нептун на границе нашей солнечной системы. Из всех земель, которые солнце снабжает своим светом и теплом, он наиболее удален от центрального тела. Огромным протяжением своего пути он окружает орбиты всех других планет. Чтобы получить его действительное расстояние надо 150.000.000 километров, которые нас отделяют от солнца,

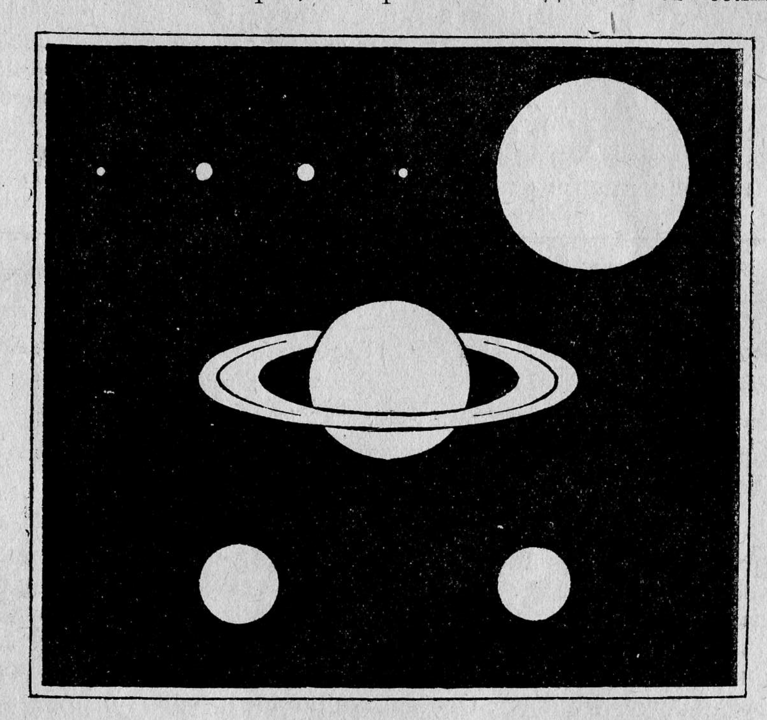


Рис. 114. Относительные размеры планет солнечной системы: наверху Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, в середине Сатурн, внизу Уран и Нептун.

сложить 30 раз. Есть ли это крайняя граница мирового пространства? Конечно, нет, ибо там дальше на расстояниях, которые мы едва ли сможем ощутить, блестят бесчисленные солнца,—неподвижные звезды; и мы, с полным правом можем предположить, что последние образуют центры планет-

ных систем, подобных нашей. Итак, орбита Нептуна заключает в себе, несмотря на свое громадное протяжение, только одну малую, едва заметную часть неба, только одну точку в пространстве.

Гезиод, известный поэт древности, живший за 800 лет до Р. Х., облачил свои мысли о величине вселенной в картину, где тяжелая наковальня, для того, чтобы упасть на землю, должна была лететь с высоты небесного свода в течение десяти дней.

Как невелико небо поэзии по сравнению с тем, которое нам открывает наука! Если бы мы захотели заняться тем же вопросом и ограничились бы только расстоянием до Нептуна, то в результате вычисления, мы бы нашли, что падение продолжалось бы в течение многих десятилетий. И при этом расстояние Нептуна от солнца едва является ничтожным, первым шагом вперед к ближайшей постоянной звезде!

Из расстояний до планет и кажущегося диаметра последних, мы можем легко заключить об их размерах или об'еме. Мы уже раньше познакомились с методом, который здесь нужно применить. В следующей таблице мы находим сравнительные данные об'ема планет с об'емом земли, который здесь опять принимается равным единице.

Планета.	Об'ем земли=1	**Планета.**	Об'ем земли=1.
Меркурий.	$^1/_{20}$	Юпитер	1.400
Венера	1	Сатурн	700
Земля	1	Уран	60
Марс.	$^1/_7$	Нептун	80

Как вы видите среди размеров, сопровождающих солнце земель царит большое разнообразие. Меркурий очень мал. Если бы земля была внутри пустая, то мы могли бы сложить туда 20 шаров каждый как Меркурий. Марс больше Меркурия только в два—три раза. Затем следует Венера, которая по размерам приблизительно равна земле. До сих пор земля шла впереди других планет. Однако, вдруг выступают, в противоположность миру карликов—астероидов, гиганты из семьи планет, в особенности Юпитер, заключающий в себе об'ем в 1.400 наших земель. Небольшая церковь, рядом с очень большим апельсином, наглядно представит вам соотношение размеров Юпитера и земли (рис. 114).

Когда думаешь об этих огромных телах неба: Юпитере, Сатурне, Уране, в сравнении с которыми огромная земля почти исчезает, то напрашивается сам собою вопрос: возможно



27 апреля $10^1/_4$ ч. вечера.



27 апреля 12 ч. ночи.

Вращение шара Юпитера и движение двух его лун в промежутке 2 часов.

ли, что солнце из своего фокуса управляет этими телами; его ли сила притяжения держит их на неизменных орбитах? Неужели эти подчиненные тела в своей совокупности не превышают действие силы солнца? Не может ли свита планет вступить в борьбу со своим господином—с солнцем. Одно очень простое вычисление доказывает невозможность этого. Если мы сложим все числа, приведенные в предыдущей таблице, то в сумме едва получится 2.300, даже если мы учтем об'емы спутников, которые там не указаны.

В том пространстве, которое занимает солнце, как вы вероятно помните, могут найти себе место 1.300.000 земных

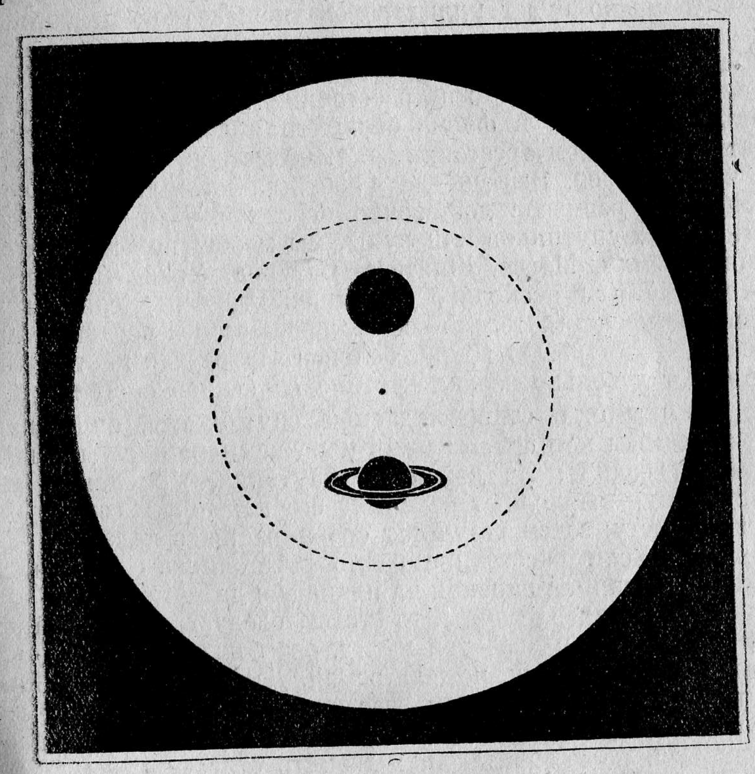


Рис. 115. Относительные размеры солнца, орбиты луны (пунктирная окружность) и планет Юпитера, Земли и Сатурна. Земля в центре.

шаров. Следовательно, одно солнце в 5.000 раз больше семьи планет, взятых всех вместе (рис. 115). Оно могло бы вобрать в себя всю систему земель и лун не только один раз, но больше, чем 5.000 раз. Следовательно, нет сомнения, что солнце является неограниченным повелителем той части мирового пространства, в которой мы находимся и даже Юпитеру и Сатурну не удастся освободиться из под его ярма.

Для лучшего понимания всей совокупности солнечной системы и для того, чтобы можно было яснее ощутить взаимное отношение расстояний и размеров, представим себе следующее расположение. В середине большой площади, мы поставим шар поперечником в 1½ метра: это—солнце. Для изображения Меркурия будет служить большое конопляное семя, положенное на расстоянии 58 метров от большого шара. Венеру и Землю представят две вишни средней величины на расстоянии в 108 и 150 метров. Большой горошины, которую мы положим в 230 метрах от шара, будет вполне достаточно для изображения планеты бога войны—Марса. Астероидную группу можно будет иллюстрировать щепоткой мелкого песка, которую мы рассыпем по окружности с радиусом около 336 метров. Об'емистый Юпитер, в виде очень большого апельсина, займет свое место на расстоянии 780 метров, а немного меньший Сатурн, в форме большого яблока, расположится почти на двойном арсстоянии в 1.400 метров, Уран удалится на 2.800 метров, Нептун—на 4.500, для наглядного представления их размеров достаточно персиков. Для того, чтобы отметить их спутников или луны, мы можем положить около планет Земли, Марса, Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна по одному или несколько зернышек отрубей. Если вы теперь себе представите, что все это вращается в неравные времена от ¼ до 165 лет вокруг большого шара как центра, то у вас будет довольно верная картина солнечной системы.

Все планеты, сопровождаемые спутниками, определяют тем же самым методом, который мы уже применяли для взвешивания солнца. Из движения спутника—я напомню вам нашу луну—вычисляют величину его падения в секунду на свою планету; затем результат сравнивается с падением земных тел. Если расстояние равно расстоянию от земли до луны, но величина падения на планету в два—три и т. д. раза больше, чем падение луны, то отсюда следует, что та планета содержит в себе в два—три и т. д. раз больше вещества, или имеет большую массу, нежели земля. Даже и при отсутствии спутников можно вычислить вес или массу данной планеты. Но решение этой задачи настолько трудно, что мы им здесь заниматься не можем. Если мы опять отнесем к земле, как единице, величины масс планет, найденных астрономами, то получим следующую таблицу.

Планета.	Масса. Земли=1.	Планета.	Масса. Земли=1.
Меркурий	1/20	Юпитер	3/5
Венера	9/11	Сатурн	95
Земля	1	Уран	15
Марс	1/9	Нептун	17

Что касается малых планет или астероидов, между Марсом и Юпитером, то для них нельзя дать точных чисел. Мы знаем о них лишь только то, что их масса очень ничтожна.

Следовательно, солнце сохраняет свое преобладающее положение в общей системе планет и их спутников не только в отношении об'ема, но,—что гораздо существенней для силы ее притяжения,—в отношении веса. Действительно, сложив все приведенные выше числа, и приняв во внимание соответствующий вес спутников, едва получают 500, как совокупный вес второстепенных тел нашего центрального светила едва 500. С другой стороны, мы раньше видели, что солнце весит столько же, сколько 330.000 земель. Если бы было возможно положить солнце на чашку весов, то для того, чтобы поддержать равновесие, надо было бы употребить вес в 700 раз больший, нежели сумма весов всех планет.

Сравнение об'ема или веса планет приводит к интересным результатам. Так, напр. Юпитер, несмотря на то, что его размер в 1.400 раз больше Земли, весит только в 315 раз больше. Меркурий, который в 20 раз меньше Земли, обладает одной двадцатой частью веса Земли. Из этого следует, что вещество, из которого состоит Юпитер, значительно менее плотно, чем материал, составляющий Землю и Меркурия. Для большей наглядности, мы еще раз сопоставим между собой плотность всех планет и отнесем их к земле и к плотности воды.

Планета.	Плотность земли=1	Плотность воды=1.	Планета.	Плотность земли=1.	Плотность воды=1.
Меркурий . . .	1	5,7	Юпитер . . .	1/4	1,3
Венера	7/8	4,8	Сатурн	1/8	0,7
Земля	1	5,5	Уран	1/4	1,3
Марс	7/10	3,9	Нептун	1/5	1,1

Следовательно, Меркурий, Венера, Земля, Марс в общем имеют одинаковую плотность, составляющую в среднем пятикратную плотность воды! Таким образом, кубический диаметр вещества, из которого состоят эти тела, весит в среднем 5 килограммов, т.-е. равняется весу наиболее тяжелых каменных пород земли. Четыре больших планеты Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун настолько легки, что их средняя плотность немного больше воды. Нептун мог бы свободно висеть в воде, как масляная капля в нашем опыте (рис. 29), а Сатурн стал бы плавать на поверхности воды, как шар из дубового дерева.

Было бы еще очень интересно сравнить времена обращений планет вокруг своих осей. К сожалению, в этом отношении наши сведения не отличаются полнотой. Кроме Земли,

мы можем привести точные числа обращений только для трех планет. Так, Марсу нужно 24½ часа для одного обращения; дни и ночи этой планеты очень похожи на наши. Юпитер, несмотря на свои громадные размеры, вращается значительно быстрее. В течение 10 часов вся его поверхность проходит перед солнцем, и каждое из полушарий 5 часов освещается солнцем, а 5 часов находится в темноте. Немного медленнее вращается Сатурн, который делает оборот вокруг своей оси в 10½ часов.

Для внутренних планет—Меркурия, Венеры, а в равной мере, и для самых крайних, Урана и Нептуна время обращения еще неизвестно. Причина этого заключается, как мы увидим дальше, частью, в особенном строении поверхности, частью же, в огромном расстоянии, отделяющем нас от этих мировых сестер Земли.

■■ ■■

ДВАДЦАТЬ ЧЕТВЕРТАЯ ЛЕКЦИЯ.

ВНУТРЕННИЕ ПЛАНЕТЫ ОТ МЕРКУРИЯ ДО МАРСА.

Деление планет.—Фазы нижних планет.—Меркурий и Венера.— Размеры и орбита Марса—Сходство Марса с Землей.

По своему положению в солнечной системе планеты делятся на две группы: нижние и верхние планеты. К первой части относятся Меркурий и Венера. Они называются нижними потому, что их орбиты окружает орбита земли и они находятся ближе нас к солнцу. Остальные планеты, значит, Марс, Астероиды, Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун называются верхними потому, что их орбиты окружают землю и они занимают удаленное от солнца положение. С этой точки зрения солнце рассматривается, как самая глубокая точка солнечной системы, а расположение планет мы представляет себе таким образом, что Меркурий занимает самое низшее положение, а Нептун—наивысшее.

К этому делению мы можем присоединить другое, которое рассматривает планеты с общей точки зрения. Здесь мы различаем три группы. Первая обнимает, так называемые, внутренние планеты: Меркурий, Венеру, Землю, и состоит из небесных тел средней величины. Эти блуждающие звезды только немного сдавлены с полюсов, обладают довольно значительной массой и, за исключением Земли и Марса, не имеют спутников. Во второй группе состоят малые планеты или Астероиды; они замечательны своим количеством, незначительной величиной и взаимно пересекающимися орбитами, которые лежат частью, в одной общей плоскости с орбитами других планет, частью же сильно от

последней удаляются. Юпитер, Сатурн, Уран, образуют третью группу, так наз., внешних планет, группу гигантов. Их об'ем необычайно велик, плотность мала, они довольно сильно сдавлены с полюсов, и количество их спутников значительно. Так, напр. у Юпитера девять лун, у Сатурна десять, у Урана четыре, у Нептуна, насколько до сих пор известно, один единственный.

Деление планет на верхние и нижние для нас очень существенно. Нижние показывают такие же фазы, какие мы набюдали у луны. Следовательно, они показываются нам, в

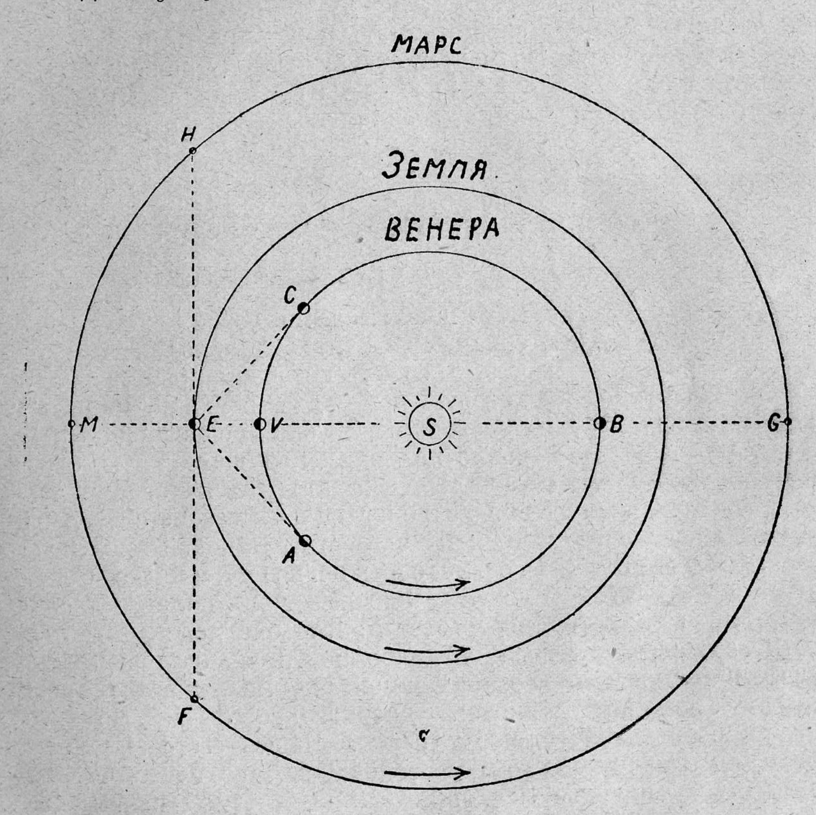


Рис. 116. Положение планетных орбит Венеры, Земли и Марса.

зависимости от времени наблюдения, в виде полного диска, наполовину освещенного, в виде серпа, или совсем не бывают видны, смотря по тому, обращают ли они к нам всю свою освещенную половину, ее часть, или поворачиваются к нам своей темной половиной. В противоположность им верхние планеты мы видим всегда в виде полного диска, за исключением Марса, который показывается в такой фазе, как спутник

Земли, незадолго до полнолуния или немного после. Причина этой разницы видимости планет заключается в положении Земли, которая иногда находится против темной половины нижних планет, но всегда обращена к освещенному полушарию верхних. Для иллюстрации этого воспользуемся рис. 116.

S—Солнце, V—нижняя планета, напр. Венера, E—Земля, а M какая нибудь верхняя планета, напр. Марс. В то мгновение, когда Земля находится в положении E, нижняя планета V может занимать различные места своей орбиты. Если она стоит положим в V, между Землей и Солнцем, то она обращает к нам свою темную половину и потому невидима, тогда эта фаза соответствует нашему новолунию и называется нижней коньюкцией. Если бы планета точно находилась на линии, соединяющей Землю с Солнцем, то она бы нам казалась, в виде черной точки, проходящей по лучистому диску дневного светила. Тогда бы мы имели редкий случай прохождения Венеры, о котором уже однажды упоминалось. По мере того, как эта планета движется по своей орбите, она обращает к нам только некоторую часть своей освещенной половины, которую мы видим в форме серпа. В положении A она показывает нам ровно половину полушария, т.-е. свою четверть. Она находится тогда в так наз. элонгации, соответствующей лунной четверти. Наконец в B, в верхней коньюнкции с Солнцем, планета имеет вид полного диска, ибо в этот момент она поворачивается к нам всей своей освещенной половиной. Если бы она проходила точно по прямой за Солнцем, то, конечно, была бы скрыта громадным диском дневного светила. Но это бывает в высшей степени редко. Чаще всего планета, благодаря слабому наклону своей орбиты, проходит или над линией, соединяющей Землю и Солнце, или под ней. После B, диск планеты начинает понемногу дугообразно уменьшаться, в C достигает опять элонгации, между C и V представляется серпом и, наконец, в V совершенно исчезает.

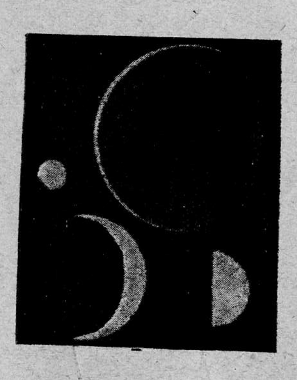


Рис. 117. Кажущаяся величина Венеры во время различных фаз.

Совершенно другим образом мы видим верхние планеты. Наблюдатель, находящийся на Солнце, в точке источника света планет, видел бы все планеты в их полном освещении, но для нас удаленных от центра, это явление не всегда наступает. Только относительно внешних планет, в особенности относительно самых дальних планет, наше положение

сходно с положением солнца. Мы не находимся в самом центре солнечной системы, однако, стоим к нему так близко, что можем видеть на небе очень далекие планеты: Юпитера, Сатурна, Урана и т. д. в их полном освещении. Достаточно бросить взгляд на предыдущий рисунок, чтобы убедиться в том, что верхняя планета M, обращает к земле свою дневную половину почти на всем протяжении своей орбиты. Этим об'ясняется то, что, довольно близко стоящий к нам Марс, несмотря на свою принадлежность к верхним планетам, в определенные промежутки времени обращает к нам часть своей темной половины. Тогда его диск не кажется нам круглым, но никогда он не бывает в виде серпа, как Венера и Меркурий и, конечно, не может наступить его полное затмение. То положение Марса, когда он обнаруживает для земли наибольшую фазу, на нашем рисунке обозначено буквами F и H. Тут же можно заметить, что тогда для Марса Земля будет находиться в элонгации. Наиболее благоприятным положением верхней планеты для наблюдения с земли будет положение M (рис. 116). Тогда планета обращает к нам весь свой освещенный диск и, при этом, находится на наименьшем расстоянии от земли. Это положение называется оппозицией и соответствует полнолунию нашего спутника.

Самая ближняя из внутренних планет — Меркурий, только редко бывает виден простым глазом, ибо он стоит слишком близко к солнцу, вокруг которого вращается. Он показывается не надолго на горизонте после заката или перед восходом солнца, в виде небольшой довольно яркой звезды, которую можно наблюдать только на рассвете или в вечерние сумерки. В зрительной трубе его фазы проявляются также резко, как и лунные. Иногда он кажется тонким серпом, рога которого обращены в противоположную солнцу сторону. В другие дни Меркурий бывает виден в форме полудиска, а затем в виде полного диска. Для наблюдения этих фаз необходима зрительная труба.



Рис. 118. Рисунки планеты Меркурия в 1871 году (по Фогелю).

Меркурий стоит к солнцу в 2½ раза ближе, нежели земля. Следовательно, солнце оттуда должно казаться 2½ раза больше, чем с земли, а видимая поверхность его диска будет в 6—7 раз больше. Представьте себе 7 наших солнц, одновременно посылающих свои лучи, и тогда вы получите приблизительное понятие о действии солнечных лучей на Меркурии. Там освещение в 7 раз сильнее и жара в 7 раз

больше, чем у нас. При этом высокая температура и ослепительная яркость света вероятно не умеряются тучами, ибо все попытки обнаружить хотя бы следы атмосферы, способной ослабить действие солнечных лучей, дали отрицательный результат.

Следовательно, как это и должно быть, на Меркурии царствует ужасающая жара и яркий непомерно сильный свет. К этому присоединяются совершенно своеобразные времена года, о которых мы на земле не можем составить даже приблизительного представления. В 88 суток обращается Меркурий вокруг солнца. Это составляет его год. Повидимому, в то же самое время, как наша луна, он делает один оборот вокруг своей оси. Значит, одна половина планеты все время обращена к раскаленному солнечному шару, на другой же царствует вечная ночь.

В зазубренной форме серпа Меркурия сначала видели доказательство присутствия гор на планете, и даже пытались определить их предполагаемую высоту. Теперь мы знаем, что видимая в зрительную трубу форма серпа Меркурия вызывается исключительно неспокойствием нашей атмосферы. Если бы на Меркурии действительно были горы, то для того, чтобы они могли быть заметны с земли, их высота должна была бы быть в 3—4 раза больше самых высоких вершин земли. Единственно, что на планете иногда можно наблюдать, это—более или менее темные тени неопределенно ограниченные (рис. 118), и потому было бы в высшей степени преждевременно делать какие-либо заключения о распределении на Меркурии воды и суши. Ближайшая к нам планета, Венера, красивая звезда с таким ярким и белым светом, что ее целыми неделями можно наблюдать на рассвете в восточной части неба или после захода солнца—на западе. Яркость Венеры настолько велика, что не представляет никакого труда отыскивать планету на небе даже днем. Когда она находится на востоке, ее называют утренней звездой, и вечерней звездой, когда она появляется на западе. Фосфор—называлась она в древности, когда сияла на утреннем небе и Геспер—на вечернем. Разнообразные имена показывают, насколько блестящая планета во все времена притягивала к себе взгляд человека. Фазы Венеры отличаются удивительной прозрачностью и поэтому их нельзя наблюдать невооруженным глазом. Планета появляется в виде серпа, когда она находится, приблизительно, между нами и солнцем, именно в той части своей орбиты, которая лежит между точками С и V или V и А (рис. 116). Тогда она сияет наиболее ярко, и кажущаяся ее величина бывает больше, чем в другие фазы, несмотря на то, что в это время видна только часть ее освещенного полушария (рис. 117).

Когда она достигает положения В, где находится против

солнца, тогда она обращает к нам всю свою освещенную половину; но в это время она кажется нам меньше и не такой яркой, ибо расстояние до нее слишком велико. В V она удалена от земли на 39.000.000 километров, а в положении В—на 260.000.000.

Сумеречные явления, которые наблюдаются по краям освещеной солнцем половины диска Венеры указывают на присутствие атмосферы, которая, повидимому, похожа на нашу. Вероятно в этой атмосфере постоянно носятся пустые тучи. Темные тени, которые наблюдаются на Венере то в одном, то в другом месте, вероятно представляют свободные промежутки в густом слое облаков (рис. 119).

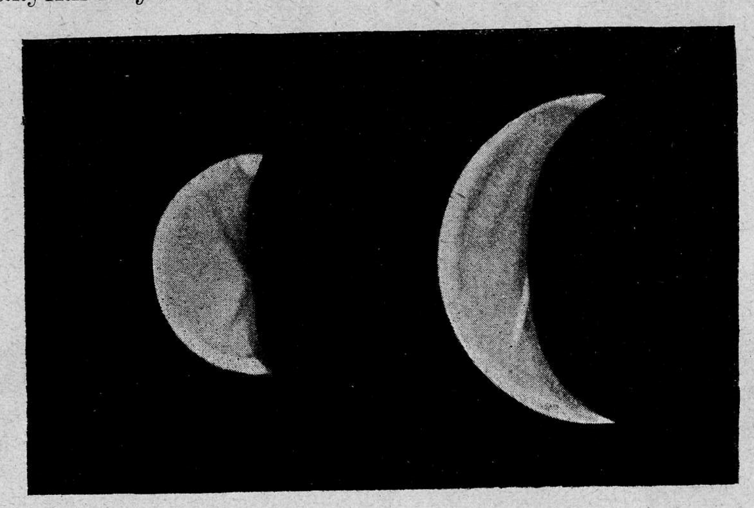


Рис. 119. Рисунки планеты Венеры в 1909 году.

Год Венеры соответствует 224 земным суткам. Сколько в них содержится суток Венеры мы точно не знаем, ибо все попытки точно определить ее обращение вокруг оси всегда давали отрицательный результат. Некоторые явления говорят за то, что это обращение совершается в несколько часов.

В порядке удаленности от солнца, следующей за Венерой планетой, будет наша Земля. Все, что касается ее положения в пространстве, было уже раньше сказано. Поэтому мы сейчас перейдем к Марсу, первой верхней планете. Марс кажется нам блестящей звездой, которая отличается от всех остальных планет своей густой красной окраской. Он проходит свою орбиту в 687 земных суток или в год и десять месяцев. Когда он стоит, если смотреть с солнца, как раз за землей, то его расстояние от нас равно 56.000.000 километрам; в противоположной точке своей орбиты, по ту сторону солнца, это рассто-

яние увеличивается до 434.000.000 километров. Поэтому кажущаяся величина Марса и его яркость сильно меняются в зависимости от времени наблюдения.

Если смотреть на Марс через хорошую зрительную трубу, в особенности когда он находится в оппозиции (положение М на рис. 116), то можно наблюдать одно из редких зрелищ неба. Тогда на его диске всегда можно заметить большие, резко ограниченные пятна. Некоторые из них имеют желтую

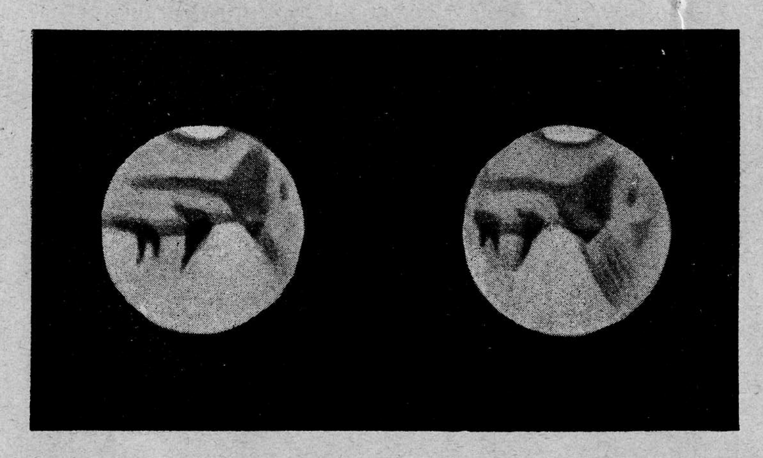


Рис. 120. Вращение шара Марса в течение $1^1/_2$ часов, 17-го августа 1892 года (по Кеслеру).

или красноватую окраску, другие — серого или голубоватого цвета. Можно представить, что перед нами план глобуса, изображение земного полушария в плоскости. Тогда красноватые пятна можно было бы считать материками, а голубоватые площади—морями. Приблизительно так должна была бы казаться земля наблюдателю с одной из соседних планет. Действительно предположение, что красновато - желтые пятна представляют собою материки, а серые тени—водные области, имеет кое-что за себя. Мы замечаем, что пятна появляются на восточном крае планеты, проходят перед глазами наблюдателя через весь диск, пропадают на западе и, через некоторое время, снова показываются на противоположной стороне. С момента исчезновения данного пятна на западной стороне планеты, до его обратного появления на этом месте, протекает 24 часа и 37 минут. Следовательно, Марс обращается около своей оси в 24 часа и 37 минут. Новое доказательство сходства с землей, ибо, как мы знаем, для суточного обращения земли тоже требуется около 24 часов. На полюсе планеты часто бывает видно круглое, чисто белое пятно, которое по своей яркости резко отличается от красного или серого фона соседних материков и морей (рис. 120). Величина этих поляр-

ных пятен изменяется через определенные промежутки времени. В течение первой половины года Марса, которое соответствует теплому времени года на северном полушарии, северное пятно понемногу уменьшается. Оно постепенно отступает к северному полюсу, по мере того, как последний поворачивается к солнцу. Одновременно с этим увеличивается южное пятно, распространяется на соседние поверхности; тогда на южном полушарии устанавливается зима. Во второй половине года явления меняются в обратном порядке; на южном полушарии будет лето, на северном зима. Тогда увеличивается северное пятно, а южное убывает (рис. 121).

Поистине этот белый покров обоих полюсов представляет своеобразное явление! Но что же это значит? Он—то больше, то—меньше, но мы всегда можем установить зависимость его



11 февраля 1901. 16 марта 1901.

Рис. 121. Таяние белого пятна на северном полюсе Марса. (59 соответ. 26 дней перед летним солнцеворотом северного полушария Марса).

размеров от солнца и времени года. Если бы можно было наблюдать нашу землю из какого-нибудь места неба, то впечатление было бы то же самое. Огромный снежный и ледяной покров, который никогда вполне не тает, находится на крайнем севере земли. Одинаковая, но вследствие более суровой зимы, значительно шире простирается поверхность льда покрывает противоположный южный полюс. Если смотреть из небесного пространства, то эти два снежных покрова земли, должны казаться в виде ослепительно белых пятен, которые, смотря по времени года, через каждые шесть месяцев или увеличиваются, или уменьшаются.

Предположим, что в данный момент, там на верху, на северном полюсе сияет во всей своей широте снежный покров зимы. Ледяные массы выступили из арктической области и простираются внутрь умеренной зоны. Там внизу, на южном полюсе, тают ледяные глыбы, моря освобождаются от льда, они исчезают и замерзшая почва радуется согревающему солнцу, которое покрывает сушу пышной растительностью. Спустя шесть месяцев южные области покрываются льдом и сне-

гом, в то время, как северной части возвращаются тепло, свет и жизнь.

Если сходство, существующее между двумя явлениями, из которых одно известно, позволяет сделать вывод о характере другого, то такое следствие могли бы мы вывести из факта сходства явлений Земли и Марса? Ясно—только то, что на полюсах Земли и Марса находятся ледяные массы, которые зимой увеличиваются, а от летнего тепла тают и отступают ближе к полюсу. На земле таяние и распространение снежных полярных покровов происходит через каждые шесть месяцев; на Марсе, год которого длиннее, эти явления происходят через каждые одиннадцать месяцев.

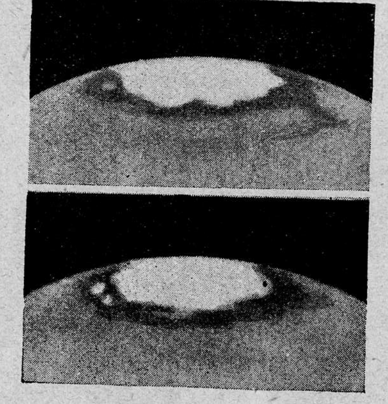


Рис. 122. Южное полярное пятно Марса, 1-го и 3-го сентября 1877 года (по Грину).

Исследованием было установлено, что южный ледяной покров земли больше северного. Удивительным образом тоже самое происходит на Марсе. Это явление легко об'яснить. Когда на южном полюсе наступает зима, то обе планеты достигают той точки своей эллиптической орбиты, которая находится от солнца на наибольшем расстоянии. Следовательно, для южных полюсов обоих планет зима наступает во время афелия, для северных полюсов в момент перигелия. Поэтому, вследствие бóльшего расстояния от солнца, на обоих телах южная половина планеты должна иметь более суровую зиму нежели северная. Таким образом, преобладание снежных масс на южных полюсах Земли и Марса находит себе в этом об'яснение.

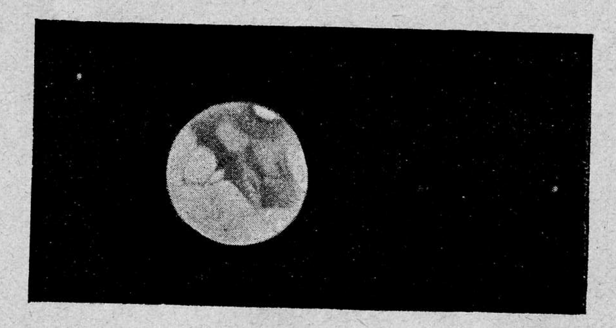


Рис. 123. Вид Марса в зрительную трубу с его двумя лунами.

Угол наклона оси Марса к его орбите в 66 градусов, соответствует земному углу в 66½ градусов. Следовательно, на Марсе должна быть так же, как у нас, жаркая зона, умеренные и холодные зоны. Там должна быть весна, лето, осень и зима, все времена года, похожие на наши, с той только разницей, что они будут почти вдвое длиннее, вследствие года в 687 дней. С Марса Солнце кажется в два раза меньше и, следовательно, тепло и свет там наполовину меньше, нежели на Земле, если какие-нибудь атмосферические условия не повышают действия тепловых и световых лучей более далекого Солнца.

Несомненно установлено, что Марс обладает оболочкой испарений. Наличие полярного снега указывает на присутствие воды и, следовательно, на существование оболочки из паров воды. На присутствие газовой оболочки, которая во всяком случае должна быть реже, чем оболочка воздуха на земле, указывает то обстоятельство, что красноватые и голубоватые пятна Марса резче всего заметны в середине. Вблизи краев они понемногу утопают в нежной дымке и, наконец, совсем пропадают. В виду того, что световые лучи на краях планеты проходят через слой воздуха в косом направлении, т. е. должны пройти через более толстый слой атмосферы Марса, то поверхности, лежащие здесь под оболочкой, видны менее отчетливо, в размытом виде, совершенно так, как это мы раньше обнаружили на солнечном диске.

Радиус Марса почти в два раза меньше земного; его окружность равна 21.000 километрам, его об'ем составляет $^1/_7$ часть земли. Семь лун, соединенных в одну, представляют собой приблизительно размер Марса. За исключением меньшего об'ема, Марс является планетой наиболее похожей на землю.

Следует отметить еще здесь две луны Марса, которые настолько малы, что даже в самые сильные зрительные трубы кажутся только светящимися точками (рис. 123). Они были открыты только в 1877 году. Даже с самого Марса они вероятно видны в качестве особенно ярких звезд.

■■ ■■

ДВАДЦАТЬ ПЯТАЯ ЛЕКЦИЯ.

КАРЛИКОВЫЙ МИР АСТЕРОИДОВ И ВЕЛИКАН ЮПИТЕР.

Размеры и орбиты малых планет или астероидов. — Фотографический метод открытия.—Размеры и движение Юпитера.— Луны планеты великана.—Скорость света.

Между орбитой Марса и Юпитера лежит область, в которой вращается группа наибольших планет, называемых астероидами или планетоидами. В настоящее время мы знаем больше 700 этих малых мировых тел, но все заставляет предпологать, что в будущем будет открыт еще целый ряд их. Что больше всего бросается в глаза у астероидов, это их незначительная величина. Самые большие из них: Юнона, Церес, Паллас, Веста имеют в поперечнике от 200 до 400 километров. Среди этих карликовых тел, настоящих пылинок вселенной, безусловно есть такие, радиус которых едва достигает 1-2 километров. Средний по размерам город, который можно обойти в несколько часов — приблизительно соответствует их поверхности. Второй особенностью астероидов является то, что их орбиты взаимно входят друг в друга, переплетаются между собой. Большие планеты движутся вокруг солнца приблизительно в одной плоскости, подобно шарам, вращающимся по полу вокруг некоторого центра. Астероиды являются исключением из этого правила. Их орбиты в общем обнаруживают сильный наклон к общей плоскости движения больших планет. К этому присоединяется еще то обстоятельство, что орбиты их не располагаются по концентрическим кругам, но взаимно перекрещиваются, как цепь из обручей. Ничтожная величина астероидов, их число, их скученность в одной небесной зоне, скопление и петлеобразное замыкание их орбит, все это привело сначала к тому предположению, что эти ничтожные тела представляют собой обломки большой планеты, некогда существовавшей между Марсом и Юпитером. Но затем это предположение пришлось оставить, когда на некоторых особенностях движения астероидов было доказано, что они, повидимому, с самого начала описывали самостоятельные орбиты вокруг солнца. Кроме того, трудно подыскать причину для разрушения такой предпологаемой планеты, ибо единственные небесные тела, которые иногда внедряются в орбиты блуждающих звезд—хвостатые звезды или кометы, не могут, как это мы впоследствии узнаем, несмотря на свои громадные размеры, изменить движения ни одной планеты, или, еще того больше, ее разрушить.

Малые планеты, как мы это теперь знаем, заполняют все пространство между орбитами Марса и Юпитера. В общем же главная часть этих маленьких шаров ограничивается одним

поясом, лежащим на двух или трехкратном расстоянии земли от солнца. Время обращения этой главной группы астероидов составляет от 3 до 6 лет. Некоторые из этих мировых тел почти точно следуют орбите великана всех планет—Юпитера, оставаясь однако на должном расстоянии от этой блуждающей звезды, огромная масса которой при большем приближении могла бы им сильно повредить. Другая малая планета, получившая название Эроса, прокладывает часть своего пути вокруг солнца через орбиту Марса и, таким образом, иногда становится очень близко к земле.

Относительно физического строения астероидов, их обращения около своих осей, пока ничего неизвестно. Их удаленность и ничтожная величина не позволяет надеяться на выяснение этих вопросов и в будущем. Если это так, то кажется совершенно бесцельным прилагать столько труда для нахождения и вычислений этих небесных тел, как это делают астрономы. Да, действительно, это не имело бы смысла, если бы главной задачей астрономии было изучение физических особенностей и свойств планет. Однако, теперь имеют в виду совершенно иные цели, когда производят тщательные определения положения этих, большею частью, очень слабых звезд и сравнивают данные, полученные опытом и вычислением.

Мы уже слышали, что орбиты астероидов частью взаимно переплетаются, как ряд обручей, частью же некоторые из них подходят довольно близко к Марсу и Юпитеру. Их движения совершаются не совсем в духе законов Кеплера, которые мы раннее изучили, а более или менее уклоняются от этих законов в зависимости от притяжения соседних мировых тел. Поэтому нигде не может астроном лучше испытать действие закона притяжения масс, как при тщательном изучении движения этих малых планет. Несмотря на кажущееся отсутствие закономерности, он здесь находит определенный порядок вещей, ибо еще ни разу не было замечено столкновения двух астероидов или значительного отклонения от первоначальной орбиты.

Первая планета, группы между Марсом и Юпитером, астероид Церес, была открыта в 1801 году Пиацци в Палермо. До 1807 года были найдены Паллас, Юнона, Веста и только в 1845 году Астрея. Дальнейшее перечисление открытий вас бы утомило. Астрономы давно уже прекратили искать на небе новые астероиды просто зрительной трубой. В настоящее время эти поиски производятся фотографическим путем так, что зрительная труба направляется на область неба, где предполагается обнаружить малые планеты и затем ведется в течение двух—трех часов, согласно движению неба. При этом результат получается, как и при всякой другой звездной с'емке, т. е. на темном фоне получается ряд больших или малых светлых точек. Если в снятой области

находилась планета, то она, не заботясь о работе астронома, продвинулась бы среди других звезд несколько дальше. Этот небольшой отрезок ее пути изображается на снимке в виде коротенькой черточки (рис. 124). Затем остается только посмотреть, не может ли на этом месте появиться какой-нибудь из известных старых астероидов, что можно сделать вычислением их годовых путей. Если этого нет, то, значит, удалось открыть новую планету.

От толпы карликовых планет, путь приводит нас к Юпитеру, который в 1400 раз больше земли. Громадная планета представляется нам светлой звездой, сияющей желтовато-белым светом. Сила света Юпитера очень значительна, но все-таки немного меньше Венеры, с которой его часто спутывают. 600.000.000 километров, которые нас отделяют от него, в самом благоприятном случае уменьшают Юпитер для глаза до размера небольшой светящейся точки. Если бы он стоял ближе к нам, то его громадный диск закрыл бы собою значительную часть неба. Так, напр. на расстоянии до луны он занял бы пространство на небе 1200 раз большее, чем наш спутник, и его широкий диск поместился бы только десять раз на протяжении небесного свода от крайнего запада до крайнего востока. Это уменьшение, вследствие расстояния, конечно, взаимное; земля с планеты будет казаться значительно меньше, также как планета с земли. Если Юпитер с земли виден в качестве простой звезды, то чем же будет казаться с Юпитера земля? Вероятно маленькой жалкой искоркой, которая, вследствие постоянной близости солнца, едва ли будет видна невооруженным глазом.

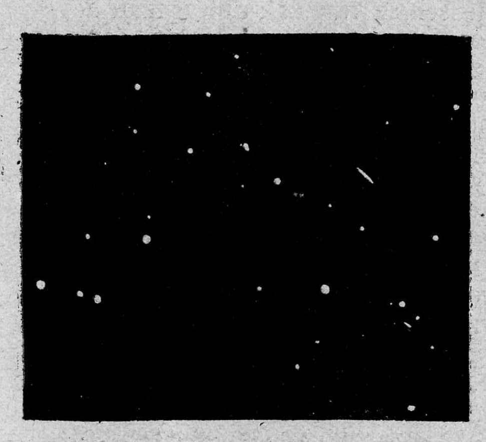


Рис. 124. Фотографическая с'емка части неба где ясно заметен след, оставленный малой планетой.

В зависимости от своего положения на орбите, Юпитер находится от солнца на расстоянии от 740 до 815.000.000 километров. Следовательно, среднее его удаление от солнца почти в пять раз больше нашего. На этом расстоянии диаметр солнца кажется в пять раз, а поверхность в 25 раз меньше, нежели у нас. Отсюда следует, что сила его света должна быть в 25 раз меньше. Поистине печальное солнце, этот маленький бледный диск, снабжающий планету светом и теплом!

Год Юпитера соответствует 12 земным годам. В то время,

как планета совершит только одно обращение вокруг солнца, земля успеет 12 раз проработать по своей орбите. Однако, отсюда еще не следует, что скорость Юпитера мала, ибо в один час он проходит путь длиной в 48.000 километров. Значит, медленность его только кажущаяся и легко понятна из громадной длины его орбиты.

Земля обращается вокруг своей оси так, что точки, лежащие на ее экваторе, в среднем проходят в секунду около 460 метров. Юпитеру, для того, чтобы совершить один оборот вокруг своей оси, нужно всего только 9 часов 55 минут. При этом точки экватора этого громадного шара в секунду проходят 12.600 метров, т. е. 27 раз больше соответствующих точек на земле. Эта громадная скорость вращения должна вызвать значительное изменение на полюсах. Особая сила, которую

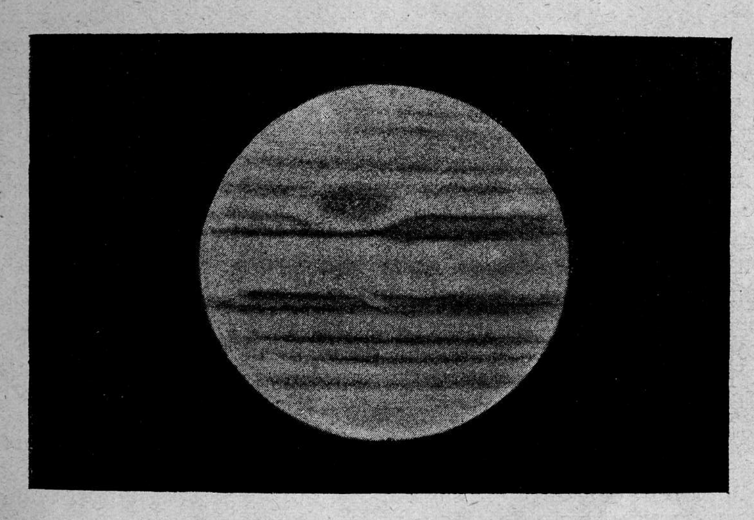


Рис. 125. Вид шара Юпитера в зрительную трубу (по Кеслеру).

мы назвали центробежной, поднимает экваториальные зоны в виде круговой выпуклости и сжимает полюсы, конечно, только в том случае, если вещество шара вообще способно подвергаться изменениям. На самом деле, в зрительной трубе диск Юпитера не имеет вида правильного круга, но заметно сжат (рис. 125).

Точными измерениями было найдено, что каждый из полюсов его спущен на 4000 километров, в то время как сжатие земных полюсов составляет всего 20 километров. Подобное уклонение от правильной шарообразной формы мы были бы должны, собственно, наблюдать у всех небесных тел солнечной системы, ибо все они обращаются вокруг самих себя, но эта сплюснутость иногда, вследствие очень медленного вра-

щения, бывает так незначительна, что ее не удается заметить. Солнце и луна, обращающиеся вокруг своей оси в 25 или 27 дней, не обнаруживают какого-либо изменения в своем поперечнике относительно полюсов, так же как Меркурий, Венера и Марс. Только у Сатурна мы имеем возможность констатировать заметное отклонение от шарообразной формы.

Оси предыдущих планет Земли и Марса были довольно сильно наклонены, ось же Юпитера стоит почти перпендикулярно к плоскости орбиты. Планета все время обращает свой экватор к перпендикулярным солнечным лучам и поэтому не знает периодической смены времен года. С начала до конца своего двенадцати годового оборота, на планете господствует неизменная температура и постоянная весна. Но чтобы дополнить нашу картину, мы должны себе представить температуру в 25 раз более холодную, чем у нас. Эта бесконечная весна составляется из дней и ночей одинаковой пятичасовой продолжительности, ибо день сменяется ночью на всей планете через каждые пять часов.

В зрительную трубу на Юпитере заметны темные и светлые полосы, тянущиеся параллельно по экватору планеты. Возможно, что эти светлые ленты представляют прямолинейные путевые полосы, располагающиеся по направлению вращения планеты и имеют известное сходство с нашими пассатными ветрами, которые мы приводим в качестве доказательства вращения земли. Темные полосы вероятно отвечают поверхности планеты, во всяком случае ее глубоким частям, которые видны через тучевую оболочку.

Каждый, кто наблюдает в зрительную трубу Юпитер, обнаруживает четыре луны или спутника, совершающих вокруг него движение подобное нашей луны. Тогда как Меркурий и Венера совсем не имеют спутников, ночи Юпитера освещаются четырьмя лунами, из которых три значительно больше нашей луны. Хотя в последние десятилетия были открыты еще четыре луны великана планеты; однако, они так ничтожны и мало ярки, что даже с Юпитера должны казаться ничем иным, как небольшими звездами.

Иногда по одиночке, иногда вдвоем,—втроем,—вчетвером поднимаются спутники великана—планеты над его горизонтом. Они проходят через все фазы и вызывают на ночном небе Юпитера по всей вероятности роскошные, на земле неизвестные, явления. Ближайший из спутников обращается вокруг планеты в 42 часа и 28 минут, самый дальний—в 16 суток, 16 часов и 32 минуты. В то же самое время спутники, как кажется, совершают обращение около своих осей и, таким образом, обращают к планете всегда только одну свою сторону, совершенно так же, как Луна Земле. Может быть здесь существует общий закон, хотя для него не имеется строгих доказательств.

Нам четыре больших луны Юпитера кажутся маленькими светящимися точками, положение которых относительно главного тела постоянно меняется. Мы видим, как они проходят по диску Юпитера, можно наблюдать их исчезно-

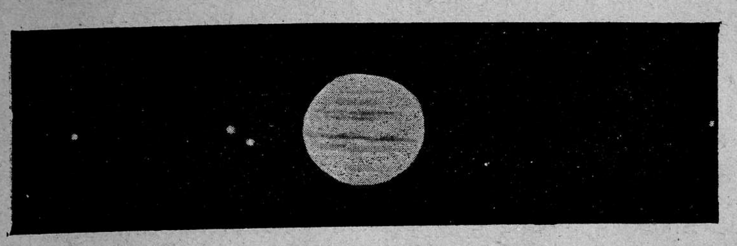


Рис. 126. Планета Юпитер с его большими четырмя лунами.

вение на левом крае планеты и, через некоторое время, появление на правом. Каждый спутник в этот момент, когда он находится между Солнцем и Юпитером, бросает свою тень на освещенный диск планеты и образует небольшое круглое черное пятно, которое движется по поверхности планеты (ср. таблицу VII[1]). Для тех областей Юпитера, которые покрывает это пятно, наступает солнечное затмение. Если же наоборот, спутник проходит с противоположной стороны, он входит в теневой конус планеты и становится невидимым, совершенно так же, как луна, когда она погружается в тень земли. Наша луна, орбита которой не совпадает с плоскостью орбиты земли, как мы видели, только иногда, в виде исключения, попадает в область земной тени. В противоположность этому, луна Юпитера, по крайней мере три первые, затмеваются при каждом своем обращении, ибо они движутся почти в одной плоскости с орбитой планеты.

Кроме этих ярких лун, Юпитер имеет еще пять менее светлых спутников, из котрых два, отстоящие от него на наибольшем расстоянии, поразительным образом вращаются в обратном направлени.

Рис. 127. Вычисление скорости света по затмениям спутников Юпитера.

Посредством затмений лун Юпитера, Ремер разрешил в 1675 году одну из важнейших задач физики и астрономии—вопрос о скорости света. Сейчас мы попробуем проследить тот путь, который был им проложен (рис. 127).

Один из четырех ярких спутников обращается вокруг планеты в 42 часа и 28 минут. Этот промежуток времени должен, следовательно, заключаться между двумя его последовательными выхождениями из тени Юпитера. Мы примем, что земля находится около точки своей орбиты A, тогда как Юпитер стоит в J. Если наблюдатель находящийся в E, точно отметил момент, когда спутник вышел из тени, то через 42 часа и 28 минут должно было бы иметь место второе выхождение спутника из тени; через двойное,—тройное,—девятерное количество времени должно было бы последовать третье,—четвертое,—десятое выхождение спутника из тени планеты. Таким образом, можно заранее определить момент, когда произойдет подобное выхождение или вхождение. Предположим теперь, что подобным образом было вычислено время сотого выхождения спутника из тени. При проверке этого вычисления на небе, обнаружилось нечто в высшей степени замечательное. Несмотря на то, что движение мировых тел происходит с удивительной правильностью, в этом случае вычисление не согласуется с данными наблюдений. Выхождение не совершается в предсказанное мгновение. Немного больше, чем четверть часа, приблизительно 16 минут должны мы дожидаться наступления явления. Чем же вызывается это странное запоздание?

Заметьте себе, что со времени первого выхождения спутника протекли почти шесть месяцев. За это время земля совершила половину своего пути вокруг солнца и движется теперь у точки B своей орбиты, которая находится от A на расстоянии поперечника земной орбиты. Юпитер, который движется вокруг солнца значительно медленнее, за эти шесть месяцев только немного удалится от своего первоначального места, и мы едва ли должны учитывать это условие: для нас планета осталась почти на том же самом месте. Однако, свету, который посылает нам спутник в тот момент, когда он начинает светиться и который должен достигнуть земли, чтобы возвестить об окончании затмения, нужно пройти бо́льшее пространство, нежели в начале наших наблюдений. Теперь луч света должен совершить путь более длинный, именно на диаметр земной орбиты, на расстояние от A до B, т.-е. на 300.000.000 километров, и в этом повидимому заключается причина запоздания. Для того, чтобы совершить путь в 300.000.000 километров, свету требуется приблизительно 16 минут или, округляя, около 1.000 секунд; половину или расстояние от солнца до земли он проходит в 500 секунд. Из этого следует, что свет в одну секунду проходит путь в 300.000 километров.

■■ ■■

ДВАДЦАТЬ ШЕСТАЯ ЛЕКЦИЯ.

САТУРН, УРАН И НЕПТУН КРАЙНИЕ ПЛАНЕТЫ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ.

Размеры и орбита Сатурна.—Кольцо планеты.—Открытие Урана.—Взаимное влияние планет друг на друга.—Возмущения.—Удивительное открытие Леверрье.- Нептун и границы солнечной системы.

Ближайшая планета этой группы, С а т у р н, в 700 раз больше земли, следовательно, в два раза меньше Юпитера. Однако, на небе он производит довольно жалкое впечатление. Он нам кажется бледной, беловатой звездой медленно движущейся по кругу Зодиака. Земля с Сатурна совсем не видна, а диск солнца при этом огромном расстоянии кажется в 100 раз меньше, нежели с земли. Свою длинную орбиту он проходит в 29½ лет. Его среднее расстояние до центрального тела планетной системы составляет 1.400.000.000 километров. Вокруг оси он обращается почти также быстро, как Юпитер, ибо проходит всего 10½ часов, пока пятна его поверхности не появятся опять против земли. Быстрое вращение здесь также вызывает значительное сжатие с полюсов. Величина этого сжатия составляет $^1/_{10}$ радиуса Сатурна или 5.900 километров, т. е. больше чем мы обнаружили на Юпитере. Это достаточно хорошо об'ясняется малой плотностью планеты. Мы уже слышали, что средняя величина вещества Сатурна составляет всего $^7/_{10}$ веса воды и планета могла бы плавать на поверхности воды. С другой стороны вероятно, что плотность увеличивается от поверхности к центру, ибо более тяжелые массы обнаруживают стремление стягиваться к центру небесного тела. Поверхностные слои тела образуются из относительно легких веществ, во всяком случае из таких, которые обладают меньшей плотностью, чем средняя плотность мирового тела. Как же представить себе мир, где почва состоит из веществ, которые в отношении их плотности уступают даже пробковому дереву. Мыслимы ли океаны в таких зыбких основных породах? Законы равновесия заставляют отвергнуть подобную возможность. Землю, Венеру, Марс, нельзя сравнить с громадными планетами, занимающими крайнее положение в солнечной системе. Их колоссальный об'ем, ничтожная плотность, быстрое вращение, сильная придавленность полюсов, все это—явления, которые заставляют выделить их в особую группу миров, которые не имеют ничего общего с землей, по крайней мере в ее настоящей стадии развития.

Телескоп говорит нам очень мало о природе Сатурна. На его диске заметны светлые полосы, которые перемешиваются с темными линиями, идущими параллельно экватору и похожими, если не считаться с их плохой видимостью, на полюсы Юпитера. Возможно, что это тоже тучевые полосы, обра-

зованные пассатными ветрами, быстро вращающимися вместе с атмосферой планеты.

Ось Сатурна наклонна к орбите на 62°, почти на такую же величину, как и земля. Следовательно, времена года, если не принимать во внимание их большую продолжительность, похожи на наши. Семь лет беспрерывной зимы было бы для нас, пожалуй, слишком много, тем более, что солнце там по сравнению с землей дает только одну сотую часть своего тепла!

Сатурн—планета наиболее богатая спутниками. Десять лун, частью, правда, очень маленьких, освещают его ночи. Самый ближний вращается вокруг него в $22\frac{1}{2}$ часа, самый дальний в 550 дней. Титан наибольший из всех его спутни-

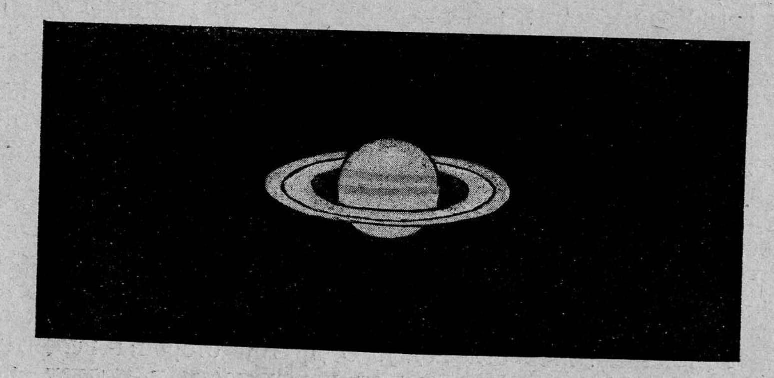


Рис. 128. Планета Сатурн с некоторыми из его лун.

ков, по своему об'ему равен девяти земным лунам. Однако, это еще не достаточно — Сатурн имеет одиннадцатого спутника, который по своему своеобразному виду занимает в солнечной системе совершенно обособленное положение. Он представляет собой плоское, широкое, относительно тонкое кольцо которое окружает планету, но нигде с ней не соприкасается (рис. 128). Мы собственно имеем здесь три кольца, ибо в хорошую астрономическую трубу можно обнаружить три концентрических зоны: прозрачное внутренее кольцо, среднее, отличающееся от остальных своей особенной яркостью и внешнее. Два последних резко разделяются темным пространством, через которое видно небо. Общая ширина всех трех зон составляет 66.000 километров, тогда как свободное пространство между планетой и кольцом равно около 12.000 километров, толщина самого кольца не больше 100 километров. Это видно хотя бы из того, что в известное время, когда мы наблюдаем острый край кольца, последнее совершенно исчезает и не может быть обнаружено даже в самые луч-

шие трубы (рис. 129). Кольцо, конечно, так же как и сам Сатурн, самостоятельно не светится; оно бросает тень на планету, как и планета на кольцо. Оба просто обратно отражают полученный ими солнечный свет. Следовательно, это кольцо является, необычного вида луной Сатурна, которая окружает часть неба, как непрерывная цепь спутников. Кольцо не видно из полярных областей планеты—этому мешает выпуклость поверхности. С 65-го градуса широты оно начинает показываться на горизонте, а дальше к экватору представляется громадной светящейся дугой, которая окружает все небо. На самом экваторе Сатурна взгляд падает на его узкий край, и тогда оно кажется серебряной нитью, разрезающей в зените небесный свод. Никакая фантазия не в состоянии дать кар-

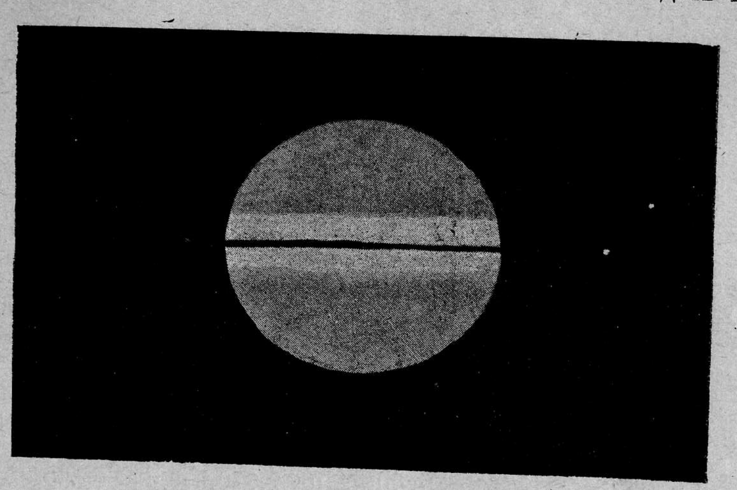


Рис. 129. Сатурн с исчезнувшим кольцом в октябре 1907 года.

тину феерического освещения ночей Сатурна, когда кольцо простирает с востока на запад свою величественную световую дугу и десять спутников, в различных фазах, смешивают свои белые лучи с его светом.

Мы с вами определим кольцо Сатурна, как его одиннадцатого спутника. Точные исследования показали, что это сравнение соответствует смыслу слова: только кольцо представляет не одного спутника; а многие тысячи лун, которые составлены в плотные ряды, вращаются вокруг планеты в различное время, но в одной строгой плоскости, как будто рассыпаны на плоской тарелке. Никакой телескоп не в состоянии разложить это редкое кольцевое образование на отдельные луны, однако, мы точно знаем, что это предположение соответствует действительности. Все части кольца, как это показало различное перемещение спектральных линий

(ср. рис. 73) имеют обособленное движение при чем внутренние части обладают наибольшей скоростью вращения, а внешние движутся медленнее остальных, подобно астероидам, из которых внутренние имеют наиболее короткое время обращения. Если бы кольцо представляло одну сплошную массу, то тогда, при вращении, внешней части обнаружили бы наибольшую быстроту движения, как на колесе, на котором скорость возрастает, по мере удаления от центра к краю.

Планеты Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн были известны еще в древности. Астероиды, луны Марса, Юпитера и Сатурна, миры Урана и Нептуна—достижения новой астрономии. Уран был открыт в 1781 году Гершелем, одним из самых усердных и гениальных астрономов. Когда однажды вечером Гершель направил свою мощную трубу в созвездие Близнецов, он заметил в поле зрения трубы небольшой, слабо светящийся диск, который понемногу менял свое место среди соседних неподвижных звезд. Следовательно, эта была новая блуждающая звезда, новая планета, которая раньше была скрыта от зрения астрономов вследствие своей ничтожной яркости. Прежде чем планета успела совершить перед глазами человечества свое полное обращение вокруг солнца, ее величина была измерена, орбита определена и ее спутники открыты.

Только в редких случаях можно видеть Уран без зрительной трубы. В благоприятных условиях, он кажется простому глазу, в лучшем случае, звездой шестой величины и, следовательно, может быть найден только тогда, когда его положение на небе хорошо известно. Небольшой об'ем не является причиной его малой яркости, ибо он в 60 раз больше земли, в этом повинно громадное расстояние, отделяющее его от нас. Он отстоит от солнца на 2.870.000.000 километров и для его полного пробега по бесконечной орбите требуется 84 года. Следовательно, год Урана равен целой длинной человеческой жизни. Относительно его обращения вокруг оси ничего достоверно неизвестно; вероятно он вращается с большой скоростью, так как он повидимому обладает сильной полюсной приплюснутостью. К сожалению Уран настолько от нас удален, что совершенно не удается заметить на его поверхности никаких подробностей; на его диске нет пятен, никакой особой приметы, по которой можно было бы доказать вращение и определить его продолжительность. Предполагают, что ось вращения находится приблизительно в одной плоскости с орбитой, что он, таким образом, через промежутки в 42 года попеременно подставляет свои оба полюса под перпендикулярные лучи солнца. Простым вычислением, на основании его растояния, можно найти, что солнечный диск с Урана кажется в 300—400 раз меньше, чем с земли. Так же известно, что его средняя плотность несколько меньше воды и что вокруг него вращаются четыре луны, и вращаются в плоскости перпендикулярной к плоскости планетной орбиты. Интересно так же направление движения лун Урана. В то время, как все другие спутники, о которых выше была речь—кроме двух самых крайних лун Юпитера—вращаюся с запада на восток, спутники Урана вращаются в противоположном направлении, т.-е. с востока на запад. Этим исчерпываются наши сведения: расстояние скрывает от нас все подробности этого далекого мира.

Открытие самой крайней внешней планеты нашей солнечной системы является блестящим доказательством точности астрономических вычислений.

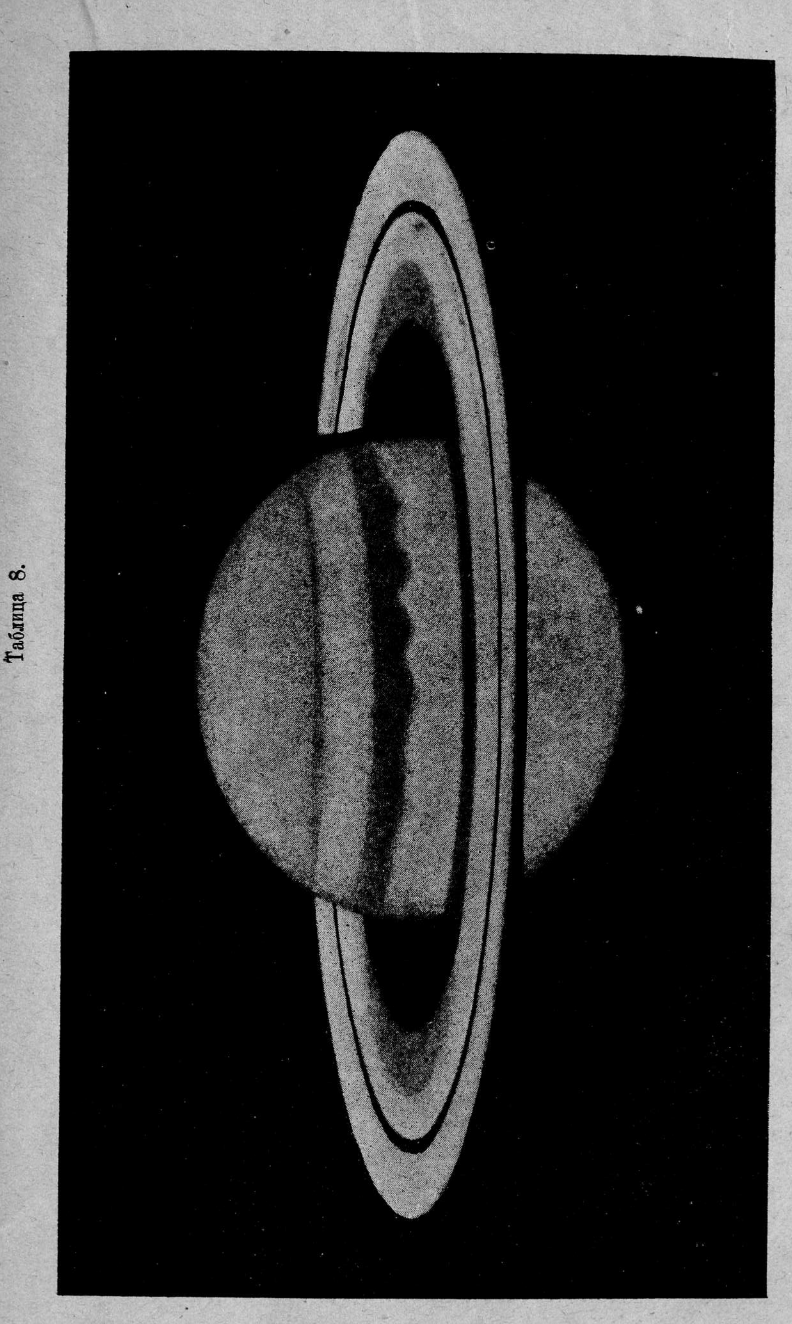
Сила притяжения—свойство общее всем телам и большим и малым; однако, величина ее очень различна, ибо она стоит в прямом отношении к массе. Следовательно, притяжение земли еще заметно влияет на соседние планеты Марс, Венеру и астероиды. Что же могло получиться, если бы Марс поддался действию земли? Он покинул бы свою орбиту приблизился бы к земле и стал бы вокруг нее вращаться. Мы оба тогда получили новую луну, а сошедшая с своей орбиты звезда перешла бы из разряда самостоятельных планет в разряд спутников, но законы неба строго беспристрастны. Земля в свою очередь стремится к Марсу, который ее притягивает. То же самое делает Юпитер, равно как и Сатурн, который охотно принял бы нас в свиту своих бесчисленных лун. Венера, Меркурий, все планеты вплоть до маленьких астероидов рвут нас с орбиты, чтобы притянуть к себе. Но наше самолюбие не должно от этого страдать. Земля тоже не остается праздной и распространяет свое притяжение на Юпитер, Сатурн и все другие планеты. Следовательно, в семье планет царит беспрерывная борьба. Каждая блуждающая звезда влияет на соседнюю и стремится получить ее себе во владение, и сила этого влияния растет вместе с массой и убывает с квадратом расстояния. Но мать — солнце заботится о том, чтобы подчиненные ей планеты, несмотря на борьбу взаимно притягивающих друг друга масс, сохраняли данное им положение. Никогда ни один из них не станет спутником другого. Однако, эти взаимные силы притяжения уничтожаются не совсем. Планета, подверженная влиянию другой вследствие близости и значительной массы последней, несколько удаляется от своей орбиты, на которую она рано или поздно потом возвратится, когда солнце призовет ее к порядку. Это отклонение планет с установленных орбит, которое происходит вследствие силы притяжения соседних планет называется **возмущением**. Оно тем больше, чем меньше расстояние и чем большее количество раз масса, подверженной возмущению звезды заключается в массе, вызывающей это возмущение.

Таким образом видно, что точное вычисление орбиты планеты и предварительное определение точки на небе, где она в известное время должна очутиться, зависит не только от притяжения солнца, но и от влияния соседней планеты. Если вычисления произведены точно, и учтены действия всех планет, то в любое время должна царить полная согласованность между наблюдением и вычислением. Следовательно, движущееся небесное тело должно занять в определенное время в пространстве то место, которое ему предпишет наука.

Уран со времени его открытия обнаруживал ясно заметное отклонение мест, обнаруженных наблюдением, от вычисленных теоретическим путем; непокорная планета никогда точно не приходила в вычисленное место. Не помогло и то, что притянули влияние возмущения обоих соседних великанов Сатурна и Юпитера; не помогло и то, что в старых звездных таблицах нашли планету уже отмеченной в качестве постоянной звезды и измеренной, значит, за 100 лет до настоящего открытия; движение не повиновалось вычислению и эти неожиданные отклонения постоянно неправильно повторялись. Тогда у астрономов возникало сомнение, исключительно из факта нарушенного влияния, великое сомнение, которое должно было привести к открытию нового мира на крайнем пределе солнечной системы. По ту сторону Урана должна была находиться неизвестная планета, которая действием своего притяжения отклоняла первую. Французский математик Леверрье, опытный в трудном искусстве теоретической астрономии, решил основать это предположение и звезду, вызывающую возмущение, в некотором роде открыл только силой теории, за письменным столом. Если все предыдущие астрономические открытия были достигнуты упорными исследованиями неба, то в этом случае было иначе. Искусный теоретик переменил метод. Для того, чтобы найти неизвестную планету он вместо телескопа и звездной карты взял числовой материал, полученный в результате наблюдений возмущения Урана. Законы взаимного притяжения были выражены в ученых формах веса и расстояния вызывающей возмущение планеты и подверженной возмущению — как известной, так и неизвестной—были между собой связаны в числовых выражениях.

Результат этого великого творчества разума получился поразительный. В сентябре 1846 года Леверрье мог сообщить своим товарищам по специальности, что вызывающая возмущение планета должна находиться на таком-то месте неба и иметь такую-то величину. Поэтому, тогдашний главный наблюдатель Берлинской обсерватории, Галле направил свой рефрактор на указанную точку неба. Планета действительно находилась там, почти точно на том месте, которое ей указывала теория. Не бросив ни одного взгляда на небо, наука про-

Таблица 8.



Планета Сатурн с пространством между кольцами и одной луной, по рисунку Антониади 6 ноября 1909 года.

никла в глубину небесного свода и отгадала не только то, что из 30—40.000 звезд одинаковой яркости одна принадлежит к солнечной системе, но и определила на каком месте она должна находиться. Никогда еще до этого не переживала наука такого блестящего триумфа.

Новая планета была названа Нептуном. Простым глазом он никогда не бывает виден, хотя он только немного меньше Урана. В зрительную трубу он кажется маленькой блестящей точкой, которую можно сравнить со звездой восьмой величины. 4.500.000.000 километров отделяют его от солнца, вокруг которого он обращается в 164 года и 280 дней. На этом почти бесконечном пути он сопровождается одной луной, которая обращается вокруг него в 5 дней и 21 час.

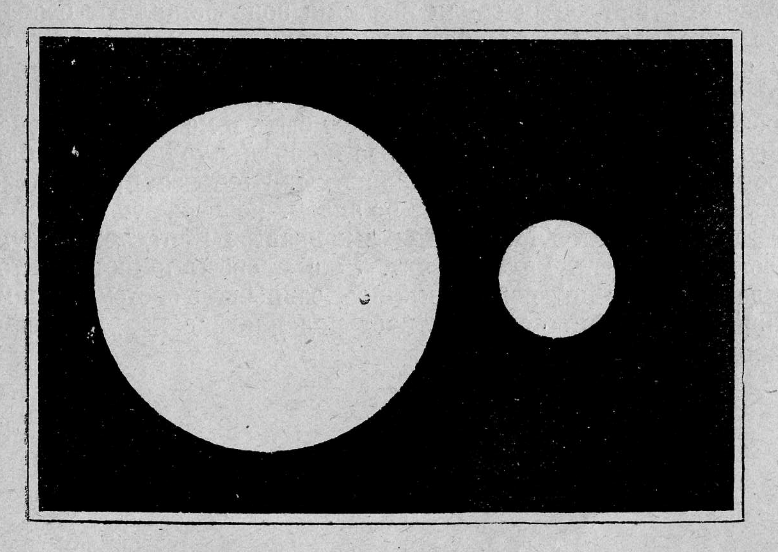


Рис. 130. Видимая величина солнца, если смотреть с Меркурия, Земли и Нептуна.

Из времени обращения этого спутника и его расстояния от главного тела, можно было вычислить вес и плотность Нептуна. Так, известно, что Нептун в 17 раз тяжелее земли и его средняя плотность почти соответствует плотности Юпитера и, следовательно, едва превышает плотность воды. Результат свидетельствует о величине человеческого разума: возможно взвешивать звезду, находящуюся на крайнем пределе солнечной системы, определять свойства ее массы, когда сама звезда, несмотря на то, что она в 80 раз больше земли, кажется нам в лучших рефракторах в виде просяного зерна. К этим результатам, которыми мы прежде всего обязаны искусству астрономических исчислений, непосредственное наблюдение ничего не может прибавить. Относительно физи-

ческого строения мы ничего достоверно не знаем, ибо наши инструменты на таких расстояниях слишком недостаточны.

Мы закончим описание Нептуна, прибавив, что солнечный диск с этой планеты кажется в 1.000 раз меньше, чем с земли. Огромный источник света дневного светила для Нептуна сократился до размеров звезды, которая отличается от остальных только своей яркостью и может вызвать на этом далеком мире только род сумерек (рис. 130).

Достигли ли мы с Нептуном границ царства солнца? Есть ли над ним планеты? Мы этого не знаем. Нам достаточно хорошо известны средние части солнечной системы, т.-е. пространство между Меркурием, с одной стороны, и Нептуном,—с другой, но внутренняя, лежащая около центрального тела область, равно как и самая внешняя зона оставляют свободное поле для всякого рода предположений. Может быть по ту сторону Нептуна, на расстояниях, которые не поддаются даже названию, движутся миры по орбитам, которые они проходят во многия столетия; Может быть и между Меркурием и солнцем есть планеты, которые не видны только из-за близости солнца и их малой величины. Это—все предположения, точно мы об этом ничего не знаем. Действительно ли ряд планет начинается Меркурием и кончается Нептуном, в сущности, это очень мало значит. Уже в своей широте, в том виде как мы с ней познакомились, солнечная система своими размерами и широтой действует подавляюще на ум и фантазию человека.

■■ ■■

ДВАДЦАТЬ СЕДЬМАЯ ЛЕКЦИЯ.

КОМЕТЫ.

Внешние явления и движение комет.—Прозрачность и ничтожная масса хвостатых звезд.—Наблюдение над кометой Лекселля.- Возможность столкновения с землей.—Яркие кометы последних столетий.

Планеты и их спутники представляют собой главные составные части солнечной системы. Они движутся вокруг солнца по почти кругообразным орбитам в доступных для нашего глаза пределах. Мы находим их в любое время, сегодня здесь, через месяц там, но никогда они не исчезают с небесного свода. Но к этим верным товарищам земли присоединяются еще другие, редкие, громадные мировые образования, неизвестного происхождения, которые появляются на короткое время и затем снова пропадают в неизвестных далях: это—к о м е т ы.

У комет обычно различают я д р о, окружающую его о б о л о ч к у и х в о с т. Ядро представляет внутреннюю часть

мирового тела. Оно светится значительно ярче окружающей его оболочки, вероятно вследствие его большой плотности. Хвостом называют светящуюся полосу, которая идет от головы или оболочки и тянется за кометой по небу, причем его длина и форма бывают различны. Несмотря на то, что по этому хвосту, кометы называют также хвостатыми звездами, однако, иногда встречаются подобные тела, состоящие из одной только оболочки с ядром или даже без него.

Что прежде всего характеризует кометы—это громадная длина протяжения их орбит. Из областей, лежащих около солнца они увлекаются в такие дали пространства, где мы их не можем обнаружить даже в самые лучшие астрономические трубы. Некоторые кометы, подобно планетам, движутся по эллипсам, в фокусе которых находится солнце. Но их орбита так сильно растянута, что они иногда почти касаются поверхности солнца, а затем отбрасываются за орбиту Нептуна, в удаленнейшей области солнечной системы. Но этого мало—некоторые кометы движутся в мировом пространстве по орбитам, которые хотя и похожи на сильно растянутый эллипс, но не замечаются. Если случайный бег этих тел заводит их в наши области, то они, под влиянием притяжения солнца, быстро мчатся вокруг гигантского шара дневного светила. После того, как они минуют планетные области, кометы продолжают свой путь, чтобы больше никогда обратно не возвращаться. Может быть, они вдали ищут еще новые солнца, но, может быть, их орбиты действительно представляют эллипсы, настоящая форма которых от нас потому скрыта, что одно обращение этих комет происходит в течение многих тысячелетий.

Общий характер движений комет сильно отличается от движения планет. Все последние движутся в одинаковом направлении, т.-е. справа налево, если мы смотрим на них сверху с верхнего (северного) полюса солнца. Кроме того, орбиты всех планет лежат приблизительно в одной плоскости. Поэтому планеты никогда не появляются вне зоны зодиака, которая как раз соответствует этой обшей плоскости. Было бы напрасно искать планеты около полюса неба среди звезд Медведиц или Дракона. В противоположность им, орбиты комет обнаруживают всевозможные степени наклона к общей планетной орбите; они движутся то справа налево, то слева направо, иногда сверху вниз, иногда снизу вверх и их обнаруживают без различия во всех частях неба, и в области полюсов, и в поясе планет.

Пока расстояние кометы недостигло определенных границ до тех пор ничто не выдает ее появления. Она неожиданно вечером вдруг показывается на небе. Ее замечает какой-нибудь внимательно следящий за небом астроном. Она представляет белую кругловатую массу, которая в середине

светится ярче, чем по краям и выдает себя только, благодаря перемене места. В таком мало интересном виде пребывают, так наз. телескопические кометы. Иногда первоначальная форма кометной туманности вблизи солнца подвергается некоторому изменению. Она изменяется, простирает часть своей оболочки к солнцу в виде веера и оставляет за собой громадный хвост, обращенный в сторону противоположную солнечным лучам. Тело достигает своего перигелия. Это—время его наибольшего свечения и время, когда комета красиво распускает свой хвост. Но она в своей бешенной скач-



Рис. 131. Комета Донати в начале октября 1858 года.

ке скоро оббегает солнце. Она уже несется дальше по другой части своей орбиты и все больше удалятся от центра солнечной системы. Хвост, который все еще отклонен в сторону противоположную солнцу, идет впереди кометы, а не сзади ее. С каждым днем тело светится все слабее и слабее и, наконец, совершенно исчезает в пучине вселенной.

Следовательно, хвост кометы не является чем-то постоянным. Он образуется вблизи солнца из ядра и оболочки, вещество которых ракетообразно изливается в хвост. Вероятно он образуется из испарений ядра, которые затем отбрасываются силой давления солнечных лучей. Он постоянно бывает обращен в противоположную солнечным лучам сторону и, поэтому находится сзади кометы, когда она приближается к солнцу, и впереди—когда она от него удаляется. Реже бы-

вает, что кометы при этом раздваивают свои ядра на две полосы. Тогда, с одной стороны, образуется одна или несколько острых оболочек; а с другой—собственно хвост. Однако, и в этом случае, направление потоков вещества комет, зависит от положения солнца—острие ядерной оболочки обращено к солнцу, хвост—в обратную сторону.

Голова кометы, как мы видели, состоит из средней, наиболее светлой части—ядра и матовой оболочки. Если бы вы представляли себе ядро, как твердое, похожее на планету, тело, которое окружает оболочка, как какая-то огромная атмосфера—это была бы большая ошибка. Если воспользоваться хорошей трубой, то от твердости предполагаемого ядра не остается и следа, и она растворяется в светящийся туман, плотность которого к краям уменьшается.

То, что материя комет имеет чрезвычайно малую плотность подтверждается еще следующим фактом. Самые бледные звезды остаются видимыми через слои комет, даже через ядра и так светятся, как если бы на пути их лучей ничего не стояло. При подобных обстоятельствах надо откинуть всякую мысль о твердой или жидкой массе. Их нельзя сравнить с самым легким туманом или тончайшим дымом, ибо эти земные образования в слоях толщиною в несколько метров уже образуют непреодолимую преграду для солнечного света, тогда как наслоение комет в многие тысячи километров беспрепятственно пропускает свет наименее ярких звезд.

Состоят ли по крайней мере кометы из прозрачного газового вещества, похожего на нашу атмосферу? Нет, ни в коем случае! Все газы, в особенности воздух, отклоняют лучи с прямолинейного пути, преломляют их. Но этого не бывает тогда, когда луч звездного света проходит через комету—он продолжает двигаться по прямой линии, как будто он ничего не встретил. Итак, значит ни с чем на земле нельзя сравнить ничтожную плотность материи комет.

У нас есть еще другой способ, который дает нам возможность доказать ничтожную массу комет. Вследствие взаимного притяжения небесных тел происходит некоторые отклонения от пути перовначальных орбит, которые, как мы знаем из предыдущей лекции, называются возмущениями. Последние будут тем значительнее, чем больше массы звезды, обусловливающей это возмущение. Достаточно привести один пример; более тяжелые планеты, как Земля, Марс и Юпитер смещают с пути ничтожные тела астероидной толпы, но никакой астероид не может вывести Марса или Юпитера из его орбиты. Солнце, планеты, их спутники и кометы, все подчиняются этому закону влияния наиболее сильного. Следовательно, можно определить с большой достоверностью массу любой кометы, если исследовать величину возмущения, кото-

рое вызывает данное тело среди соседних планет и обратно, каково, в свою очередь, влияние планет на данную комету.

В 1770 году появилась комета Лекселля, которая получила свое название по имени ученого, вычислившего ее орбиту, и до этих пор еще ни разу не наблюдалось. Вероятно ее орбита до 1767 года не замыкалась и т. обр. представляла, так наз., параболу (рис. 136). В своем беге к солнцу она повстречала в упомянутом году планету Юпитер, которая ее заставила итти по эллипсу. Возмущение этим однако не закончилось. В своем движении она приблизилась к земле на 6 лунных расстояний, т.-е. на такое расстояние, на которое кометы подходят в высшей степени редко. Что же получилось в результате взаимного притяжения земли, приблизившейся к хвостатой звезде. Земля, казалось, совсем не заметила ее присутствия — она продолжала вращаться вокруг оси и солнца, как будто ничего не случилось. Скорость и направление ее движения не подверглись ни малейшему изменению. Комета не так счастливо отделалась от этой встречи. Задержанная силой притяжения своей могущественной соседки, она запоздала на своем пути— более чем на два дня. Насилу вырвавшись от земли, она направилась прямо к Юпитеру. Здесь она очутилась между четырех лун планеты и стала пересекать их орбиты. Что же будет с маленькими мировыми телами под влиянием силы притяжения кометы? Не выбросит-ли она их с орбит? Не оставит ли один из них Юпитера, чтобы затем двигаться вместе с кометой? Эти и подобные вопросы долгое время занимали астрономов того времени. Мир

Рис. 132. Превращение орбиты кометы Лекселля.



Рис. 133. Фотографическая с'емка кометы 1908 г. Ш. М. Фольф. Гейдельберг.

Юпитера должен был научить нас тому, что могло бы однажды приключиться с нашим.

Результат не оправдал ожиданий! Комета пронеслась дальше, не причинив никому вреда. Ни одна из четырех лун не вышла из орбиты, не ускорила и не замедлила своего движения. Они двигались вокруг Юпитера также, как и до появления кометы. Комета, напротив, не выдержала силы притяжения громадной планеты и ее лун—оставила свой путь, была выброшена на новую орбиту и исчезла в глубине неба. С тех пор ее никто не видел и вряд-ли кто сможет сказать, когда она вновь появится. Следовательно, в громадном об'еме комет не заключается массы, достаточной для того, чтобы вызвать в движении самой планеты или в движении ее спутников даже незначительное возмущение. Таким образом, материя, из которой состоят кометы, чрезвычайно редка.

В древности кометы своим неожиданным появлением и странной формой распространяли среди народов страх и ужас. В них видели предвестников чумы, голода и войны. Помощью науки все суеверия, связанные с появлением комет почти совершенно разрушились. Мы теперь знаем, что эти звезды не направлены для человеческого бедствия. Ведь солнце не погаснет оттого, что умер король? Комета распускает веер своих лучей на небе не для того, чтобы ниспослать войну или болезни. Этого мнения мы теперь все придерживаемся. Но, как кажется, есть другое основание для беспокойства. Кометы движутся во всех мысленных направлениях. Что будет, если какая-нибудь из них однажды встретится с землей? Не будет ли столкновение этих двух тел, несущихся с огромной скоростью в пространстве, иметь для нас роковой исход? Это, конечно, необходимо допустить: если комета с массой равной земле в своем беге столкнется с нами, то в результате удара погибнет все живое. К счастью подобное явление должно удовлетворять двум условиям, которые, как, кажется, никогда не осуществятся—большая масса кометы и столкновение. Давайте испытаем возможность осуществления последнего условия, после того, как относительно ничтожной массы кометы не может быть никакого сомнения!

Представьте себе, что в громадном воздушном пространстве ветер бросает в различных направлениях несколько пылинок! Можем мы разве предположить, что две из этих пылинок рано или поздно столкнутся? Едва ли! Это мало вероятно при громадном протяжении атмосферы. Но разве земля и кометы, по сравнению с пространством неба, в котором они движутся, что-нибудь иное, чем пылинки? Следовательно, нечего беспокоиться из-за возможности столкновения!

Вероятность будет больше, если мы будем рассматривать только положение близости кометы от земли. Геометрия нам может сказать, что тогда произойдет. Если бы комета 1770 г.,

о которой речь была выше, при 6-ти-кратном расстоянии до луны, обладала весом равным земле, то продолжительность нашего года изменилась бы на 2 часа 53 минуты. Следовательно, посещение такой кометы было бы уже не столь страшно; мы бы обошлись простым изменением календаря. Между тем, мы можем определенно утверждать на основании астрономических вычислений, что год ни на одну секунду не стал короче или длиннее; следовательно, масса или вес всей кометы был меньше, чем $^1/_{10.000}$ земного веса. А потому материя этой кометы—то же самое применимо ко всем другим исследованным хвостатым звездам — повидимому еще реже, чем частички влаги или пыли в легком тумане или дымке нашей атмосферы. Если бы земле было суждено, вопреки всем предположениям, столкнуться с кометой, то едва ли это принесло какой-нибудь существенный вред. Мы бы прошли насквозь кометы, совершенно ее не заметив. Громадная оболочка не оказала бы земле бо́льшего сопротивления, чем паутина—брошенному камню.

Но,—говорят часто,—ведь известно, что у страха глаза велики—если вещество комет настолько редко, что не может служить препятствием для движния земли, не может ли оно смешавшись с воздухом, сделать его непригодным для дыхания? Почему мы должны быть уверены, что комета, касаясь нас своим хвостом, не принесет в атмосферу каких-нибудь смертоносных веществ? На первый взгляд может показаться, что последнее опасение не совсем лишено правды. Исследованием путем спектроскопа света комет было найдено, что хвостатые звезды содержат газы, которые частью являются сильными ядами для жизни человека и животных так, например газ окиси углерода, синее пламя которого вы можете наблюдать в каждой тлеющей куче углей. По всему тому, что мы слышали относительно комет, мы должны принять, что несомненно ядовитые газы комет находятся в состоянии большого разряжения и, ни малейшим образом, не могут изменить состава земной атмосферы, а тем более сделать ее непригодной для всего живого.

Не пугайтесь, дорогие друзья, когда однажды до ваших ушей дойдет предсказание какого-нибудь фантазера, предвещающее в ближайшем будущем столкновение земли с кометой: небо стало велико! Все звезды имеют там достаточно места для своих орбит и мудрая природа озаботилась тем, чтобы они друг друга не уничтожали.

Одна из самых больших комет всех времен была видна с конца 1680 года до начала 1681 года. Она наделала столько шума и вызвала такой страх, что суеверный народ пытались успокоить путем чеканки особой благочестивой монеты (рис. 134). Надпись на монете говорит, что звезда-комета предвещает «злые вещи», отсюда мы можем заключить, что немного

более, чем 200 лет тому назад, все кометы еще считали показателем божеского гнева. Комета 1680 года еще тем замечательна, что она была первой, орбита которой была вычислена великим Ньютоном, открывшим закон притяжения масс и тем самым доказавшим, что кометы подчиняются этому закону точно также, как и планеты, появление комет не может возвестить какое-нибудь несчастие.

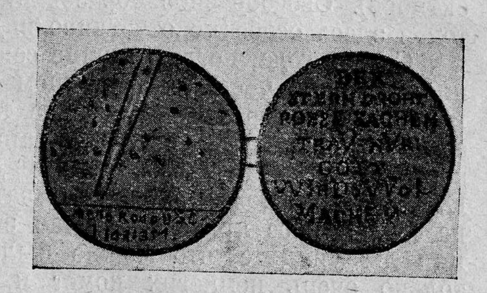


Рис. 134. Медаль кометы, вычеканенная после появления кометы 1680 года.

В 1811, 1843, 1858 (рис. 131) и 1882 годах прошлого столетия на небе появились особенно замечательные кометы. Комета 1911 г. совпадает с поражением Наполеона и потому приобрела историческое значение. В первую неделю октября 1811 года, когда она ярче всего светилась, она показывала очень яркое ядро с голубовато-зеленой оболочкой. Произведенными измерениями было найдено, что ее голова, т.-е., значит, ядро и оболочка, имела в поперечнике 1.800.000 километров. Она по размерам была даже больше солнца! Ко-

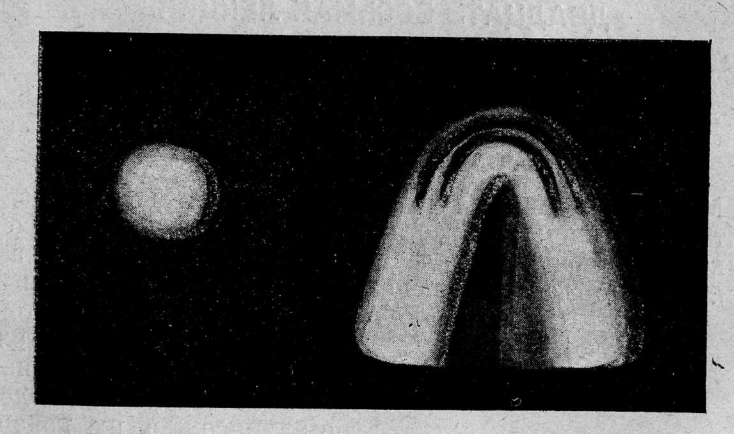


Рис. 135. Голова кометы 1858 года во время открытия (начало июня) и во время наибольшего свечения (начало октября).

мета 1843 года была значительно меньше, но зато обнаруживала хвост длиной в 240.000.000 километров. Если бы ядро этой кометы поместить на солнце, то ее хвост далеко вышел бы за орбиту земли до самого Марса. Благодаря продолжительности наблюдения в удобные вечерние часы и

красивой перистой форме, большую известность снискала себе комета 1858 года. Рис. 135 ее показывает в том виде, как она выглядела в астрономической трубе в момент открытия и периода наибольшей яркости (июнь соотв. октябрь). Своеобразное образование хвоста из ядерных потоков здесь особенно отчетливо видно.

С 1882 года, когда в конце сентября и в октябре, в ранние утренние часы на восточном небе светилась яркая комета, с тех пор только слабые кометы проходили вблизи земли и солнца. Картину январьской кометы 1910 года, которую вы может быть сами видели, найдете на таблице IX. Никто не может заранее сказать, когда опять покажется на нашем небе яркая хвостатая звезда. Из следующей лекции вы увидите, что можно было наблюдать возвращение только очень немногих комет и как раз таких, которые, благодаря своим незначительным размерам, совершенно незаметно проходили свой перигелий. Для таких достопамятных комет, о которых повествуют историки и рассказывают наши деды, ни один астроном не может вычислить их возвращения; они совершают пути своих орбит во времена, которые, с уверенностью можно сказать, исчисляются целыми тысячелетиями.

■■ ■■

ДВАДЦАТЬ ВОСЬМАЯ ЛЕКЦИЯ.

ПЕРИОДИЧЕСКИЕ КОМЕТЫ И ИХ СВЯЗЬ С МЕТЕОРАМИ.

Замкнутые и открытые орбиты комет.—Комета Галлея.—Комета Биелы и ее исчезновение. -Падающие звезды и огненные шары.—Связь метеоров с кометами.—Метеориты и их состав.

Мы уже слышали, что часть комет огибает солнце, по орбитам, имеющим вид растянутого эллипса, один из фокусов которого почти совпадает с перигелием, другой с афелием. Но это действительно не для всех комет. Там мы встречаем орбиты, которые вероятно не замыкаются и только в перигелии обнаруживают известное сходство с эллипсом, а их конец и начало идут почти по прямой линии. Подобная кривая линия, которая только с одного конца похожа на эллипс, а две другие ветви которой теряются в бесконечности называется п а р а б а л о й (рис. 136). Во времена Ньютона думали, что вообще все кометы движутся по параболам и, следовательно, проникают в планетную систему из отдаленных расстояний по прямолинейным путям, которые только вследствие притяжения солнца подвергаются изменению в параболу и после огиба солнца, безвозвратно пропадают.

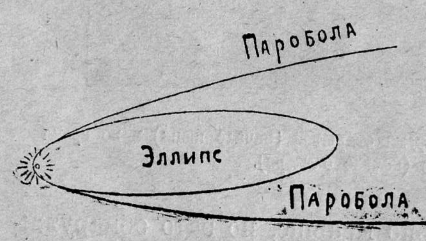


Рис. 136. Эллипс и парабола.

Английский астроном Г а л л е й, современник и друг Ньютона, был первым, который открыл так наз. п е р и о д и ч е с к у ю к о м е т у, т.-е. доказал правильное периодическое возвращение одной хвостатой звезды. В 1862 году, значит, вскоре после появления достопримечательной кометы 1680 года, на небе опять показалось подобное тело. Галлей тщательно вычислил ее бег и параллельно с этим пытался обосновать движения некоторых предыдущих комет. Когда он сравнил полученные результаты, то ему показалось вероятным, что комета 1682 года, представляет комету, которая появлялась уже раньше в 1607 и 1531 годах. Во всех трех случаях наблюденная орбита была почти одинаковая; следовательно, думал он, здесь дело идет об одной и той же комете, которая возвращается к солнцу в промежутке от 75—76 лет. В этом Галлей больше не сомневался и не побоялся предсказать следующее появление кометы в 1758 или в начале 1759 года. При тогдашнем состоянии науки, ему нельзя было более точно определить момент возвращения, ибо он не мог вычислить действительную величину возмущений, которому подвергается комета со стороны планет. К сожалению, знаменитый астроном не дожил до вермени осуществления своего пророчества.

Не задолго до предсказанного срока, за комету взялся французский астроном Клэро. Особенное внимание он обратил на трудное разрешение проблемы возмущений и об'явил, что перигелий планеты должен наступить в средине апреля 1759 года, правда, оговорившись, что точный момент появления может передвинуться в пределах около одного месяца. По его вычислениям выходило, что на этот раз время обращения должно продлжиться на 618 дней больше, нежели ранее наблюденные; больше, на 100 дней, вследствие притяжения Сатурна и на 518 дней, вследствие притяжения Юпитера. Эти замечательные вычисления полностью подтвердились 12 марта 1759 года, следовательно, в указанных пределах комета появилась в своем перигелии.

С тех пор астрономические вычисления достигли большей точности, уже хотя бы потому, что теперь представляется возможность учитывать возмущение кометной орбиты, которое вызывается открытыми за это время планетами—Ураном и Нептуном. Этим путем следующие появления кометы в 1835 и 1910 годах (рис. 137) можно было заранее вычислить с точностью до 3 дней, следовательно, в пределах ошибки, которая, по сравнению со всем промежут-

ком времени в 75 лет, ровно ничего не составляет. Эта удивительная согласованность между результатами вычисления и наблюдаемыми фактами, является красивым подтверждением астрономических теорий. Периодическая комета появляется на небе, где она светится только в течение нескольких дней или недель. Затем она уносится в мировые



Рис. 137. Голова кометы Галлея, снятая 5 мая 1910 года на Тенериффе I. Маскартом.

пространства и делается невидимой на многие годы. Но это ничего не значит: наука следует за ней день за днем, мысленно видит ее несущейся по огромной орбите и за многие годы предсказывает срок и место ее появления.

В настоящее время известно около 20 периодических комет, которые многократно возвращаются к солнцу. Две из них, именно, кометы Биелы и Энке заслуживают быть здесь упомянутыми.

Комета, открытая и вычисленная в 1826 году Биелой, знаменита своим распадом на большое количество метеоров. В 1846 году она на глазах у астрономов сначала разделилась на две части, из которых каждая неслась отдельно от другой (рис. 138). В 1852 году они опять возвратились, разделенные между собой большим пространством. С тех пор поиски этих двух туманных тел оказались напрасными. Даже позже, в 1872 году, когда, согласно вычислениям, условия ее видимости были особенно благоприятны, ибо земля в конце ноября пересекала орбиту кометы, зрительная труба не обнаружила ни малейшаго следа предполагаемой хвостатой звезды. Но зато в ноябре образовался метеорный дождь, повторение которого в следующее пересечение орбиты в 1885 году было предсказано астрономами. Они были правы, ибо это небесное явление в названном году опять повторилось и происходило еще в более красивой и светлой форме. Следовательно, комета действительно распалась на большое количество отдельных метеоров.

Прежде чем мы здесь приступим к дальнейшим заключениям относительно строения хвостатых звезд, надо будет упомянуть комету Энке, которая замечательна своими периодическими возвращениями через короткий промежуток времени в $3\frac{1}{3}$ года. Ее орбита лежит между Меркурием и Юпитером. Она в некотором роде рассеяла те страхи, которые овладевали человечеством при появлениях комет и оказала



Рис. 138. Деление кометы Биелы в 1846 году.

астрономии важные услуги. Посредством величины возмущения, которое она претерпевает вблизи Меркурия, представилась возможность вычислить массу этой планеты; так как у Меркурия нет ни одной луны, то к нему до появления кометы нельзя было применить известного метода определения веса. Таким образом, одно из тел, в которых невежественное человечество видело носителей всяких несчастий, позволило расширить наши знания неба и тем самым принесло большую пользу. Комета больше не является для земли предвестником всеобщего бедствия или наказания. Астроном, наоборот, радуется ее появлению, ибо наука в движении комет видит новые способы и пути для выяснения многих интересных явлений, как напр. определение массы Меркурия.

Общее число вращающихся в солнечной системе комет в высшей степени велико. В одних астрономических указателях их имеется около 1.000 штук, кроме большого количества других, которые появляются в различные времена, но точно не вычислены. Каждый год показываются новые кометы и мы должны предположить, что только внутри одной орбиты Нептуна находится их несколько тысяч.

Но не будем утомлять свои мысли доказательствами различных чисел и величин. Наш интерес астронома-любителя обращается в сторону еще малоизвестного физического строения мировых тел.

Булыжник, который валяется у нас под ногами, нам не интересен: он принадлежит к земле. Но если бы можно было доказать, что этот камень упал с неба и некогда принадлежал Юпитеру Марсу или Сатурну! Кто тогда остался бы равнодушным к этому ценному свидетельству о каменных породах неба? Какое огромное удовлетворение получило бы наше законное любопытство, если бы можно было ближе рассмотреть небесное вещество, его потрогать, испытать кусочек планеты, исследовать его составные части и сравнить их с земными! Хорошо, эта мечта не есть продукт пустой фантазии, ибо на самом деле существуют камни, небесного происхождения. Они происходят, правда, как это мы сейчас увидим, не от планет, но из отдаленнейших частей мирового пространства, куда достигает взгляд только через астрономическую трубу.

Мы все хорошо знаем те внезапно вспыхивающие искорки, которые появляются ночью на небесном своде подобно ракетам небесного пространства, оставляют за собой длинную светлую полосу и так же скоро исчезают, как и появляются. Народная молва тогда говорит, что звезды падают, а специалист их называет метеорами[*]) и огненными шарами.

Могут ли на самом деле звезды, так мы себя спросим, произвольно носиться в пространстве, по собственному почину двигаться и внедряться в глубины мирового пространства? И во всяком случае,—могут ли они падать на землю?

Если судить о звездах только по внешнему виду и видеть в них небольшие, прикрепленные к небесному своду искорки, то предположение, что они выскакивают из своих мест и падают на землю, подобно спелому яблоку, не кажется таким уже необоснованным. Однако, мы знаем, что здесь свод неба есть не больше не меньше как только обман нашего чувства; мы знаем также, что любая звезда, хотя бы она нам казалось только в виде более или менее светлой точки, может быть, в огромном числе раз больше земли. Следовательно, звезды не падают — это достоверно. Они не носятся беспорядочно в разные стороны, как в припадке бешенства. Но что же представляют собой, так наз. падающие звезды?

Нет ни одной такой ночи, когда бы не было видно на небе падающих звезд. В среднем их насчитывают около четырех—восьми штук в час, но в некоторые времена года, особенно около 10 августа и 12 ноября их количество значительно возрастает. В некоторые годы нам приходится переживать настоящие метеорные дожди.

12 ноября 1833 года, в 9 часов вечера, на восточном берегу Северной Америки, был замечен из самых замечательных метеорных дождей, который продолжался до самого утра. Подобно ракетам излучались тысячи метеоров из одной и той же точки неба и неслись в различных направлениях то по кривым, то по прямым линиям. Некоторые, раньше чем исчезнуть, взрывались, другие светились подобно Юпитеру или Венере. Сосчитать их было абсолютно невозможно, ибо они падали так же часто, как хлопья снега, в метель. Когда явление немного ослабело и удивление прошло, то один астроном в Бостоне пробовал приблизительно определить их число. В пятнадцать минут он насчитал на одной десятой части неба 866 падающих звезд, значит, для всего неба 8.660 или в час 34.640 штук. Но исчисление производилось уже после того, как метеорный дождь продолжался семь часов и. кроме того, приблизительное определение числа падающих метеоров сделалось возможным только тогда, когда он несколько ослабился. Отсюда видно, что количество материалов, которые были замечены только в Бостоне, превышало четверть миллиона.

[*]) Их также часто называют „падающими звездами“. *Прим. перевод.*


Рис. 139. Огненный шар, наблюденный 27 июня 1894 года в Калифорнии.

Наиболее яркие метеоры, напр. — сопровождавшие падающие звезды Куманье, показываются в одиночку. Тогда их называют огненными шарами. Это— по большей части тела круглого вида; их кажущаяся величина иногда бывает с диск луны или даже больше. Они внезапно показываются на небе излучают очень яркий свет, большей частью окрашенный, в красивые цвета, как напр. красный, зеленый, синий и через несколько секунд, так же быстро пропадают, как и появились (рис. 139). Часто они оставляют на своем пути длинный хвост искр, иногда они лопаются с сильным шумом и бросают на землю свои дымящиеся остатки. Эти осколки называются метеоритами или метеорными камнями.

Астрономы пытались определить, насколько это допускает быстрота явления, действительную величину метеоров, их скорость и высоту падения. Единичные результаты у отдельных метеоритов получились в высшей степени различны. Наиболее яркие из них без сомнения имеют поперечник в несколько метров, как валуны, которые иногда попадаются на наших полях, но в общем они—небольшие тела в несколько килограммов весом. Самым замечательным их

свойством является громадная скорость. Один метеор, который наблюдался 6-го июня 1850 года проходил в секунду 76 километров, т.-е. в два раза больше того расстояния, которое в секунду проходит земля по своей орбите, а наименьшая скорость, которую наблюдали у огненных шаров, составляла 2—3 километра в секунду. Для того, чтобы пушечное ядро могло поспевать за таким метеором, оно должно было бы двигаться в 4—6 раз скорее. Короче говоря—некоторые из замеченных метеоров неслись с такой скоростью, которая заметно превышала движение планет в мировом пространстве. Тоже самое бывает у маленьких метеоров. Скорость последних можно сравнить со скоростью земли, если даже не больше ее.

Для об'яснения падающих звезд и метеоров астрономы предполагают, что солнце окружено толпой мелких мировых тел. Исследование солнечной системы нам показало, что в ней находятся планеты различных размеров, от великанов Юпитера и Сатурна до ничтожных астероидов, орбиты которых лежат за Марсом. Следовательно, очень вероятно, что в мировом пространстве могут быть бесчисленные небесные тела еще меньше астероидов; так же возможно, что в пространствах неба плавает настоящая планетная пыль, более значительные части которой по величине похожи на наши скалы, а меньшие едва достигают величины ореха. Таким образом мы можем принять, что эти пылинки в бесчисленном количестве носятся вокруг солнца и некоторые из них приближаются к земле. Если вы будете разглядывать светящуюся полосу, которую образует луч солнца, проникающий в темную комнату, то вы получите приблизительную картину подобной меторной пыли.

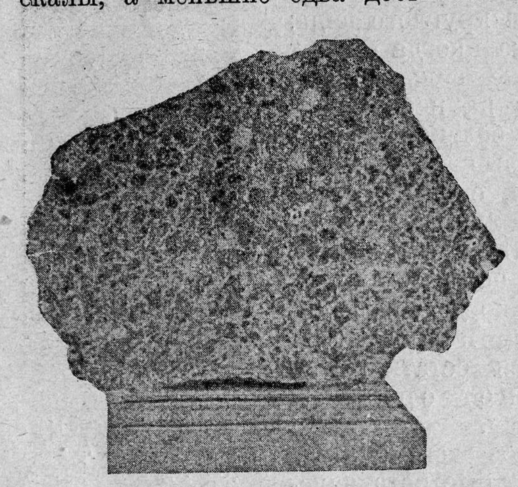


Рис. 140. Метеорит (полированная поверхность), найденный в 1902 году в Норвегии.

Поэтому понятно, что относительно большая масса земли должна вызвать сильное возмущение в орбитах этих небесных тел, как только они к ней приблизится. Находящийся под влиянием силы притяжения земли метеор понемногу оставляет свою орбиту, устремляется к нам и с молниеносной скоростью, с которой он совершал свое движение вокруг

солнца, врезается в земную атмосферу. Громадной быстротой бега вызывается необыкновенно сильное трение о частицы воздуха, вследствие чего его температура сильно поднимается и, до этих пор невидимое тело, доходит до состояния белого каления, вспыхивает и оставляет за собой полосу искр. Как правило, температура настолько повышается, что тело еще в земной атмосфере полностью сгорает. Иногда метеор опять оставляет земную атмосферу и продолжает свой, на короткое время прерванный, путь вокруг солнца. Итак метеоры, выведенные со своих орбит, касаются атмосферы, в которой они загораются, образуют явления, которые мы называли падающими звездами или огненными шарами. Земля в различные времена года, особенно около 10 августа и 12 ноября, пересекает подобные пылевые кольца, отчего становится понятно правильное периодическое появление подобных метеорных дождей. Благодаря тому, что тела распределены внутри одного скопления неравномерно, об'ясняются наиболее разительные случаи, вроде явлений 1799 и 1833 годов.

Очень интересные результаты получили в средине прошлого столетия при попытках определения формы и положения одного из подобных метеорных скоплений. Если упомянутые выше, пылевые облака своим пересечением с орбитой земли обнаруживали сходство с кометами, то точное их вычисление дало нечто совершенно неожиданное: как августовские, так и ноябрьские скопления точно двигались по орбите одной из периодических комет. Всякий более или менее изобильный метеорный дождь, который переживали или будут переживать жители земли, представляет собой ничто иное, как встречу нашей планеты с рассеянными составными частями одной из комет.

Так как после разделения кометы Биелы, ничего больше не осталось, кроме метеорной тучи, то мы должны предположить, что подобный жребий ожидает все, периодически возвращающийся к солнцу, кометы. Следовательно, по всей вероятности, все кометы представляют скопления бесчисленных метеоров, которые вблизи солнца, частью, превращаются в парообразное состояние и выделяют газы, которым солнечные лучи, посредством своей, пока для нас какой то загадочной силы, придают обычную форму хвоста. Кометы успевают обогнуть солнце несколько сотен, а может быть, и тысяч раз. Затем они распадаются на свои составные части. Но то направление пути в пространстве, которое они однажды приняли, сохраняется ими и после распада—оно вечно будет существовать для рассеянной материи, в которую расстворилась комета. Нарисуйте чернилами удлиненный эллипс и насыпте на него тонкого песку, и вы тогда получите картину, соответствующую действительности.

К сожалению, у всех довольно частых метеорных дождей последнего столетия, на землю не упало и следа упомянутых составных частей комет. Зато иногда случается, что огненные шары, которые появляются реже, в одиночку, и едва ли зависят от комет, но по своему характеру имеют много общего с метеорами, разлетаются в высших слоях атмосферы на тысячу кусков и падают на землю в виде раскаленного каменного дождя.

Сила, с которой падают эти осколки бывает так велика, что они пробивают большие дыры и глубоко врезаются в почву. Их темная остеклившаяся поверхность служит показателем, как это видно на рис. 141, начавшегося плавления. Вес этих обломков в высшей степени различен. Их размеры колеблются от пылинки до громадных каменных кусков, которые находят рассеянными по площади в несколько квадратных километров.



Рис. 141. Железный метеорит из Габин Грика (Арканзас), упавший 27 марта 1886 года.

Падение метеоров происходит вовсе не так редко, как это обычно считают,—число непосредственных наблюдений достигает нескольких сотен. Итак, достоверно установлено, что камни падают с неба и, тем самым, мы получаем возможность исследовать состав тел неземного происхождения. Но какие удивительные, неожиданные вещи получаются в результате этого исследования! До сих пор ни один метеорит не обнаружил каких-нибудь составных частей, чуждых земле! Наше железо, сера, фосфор, известь, кремнезем, глина, медь, олово, графит и пр.—все вещества, из которых состоят эти пробы каменных пород чуждого нам мира. Чаще всего встречается в метеоритах железо, иногда громадными глыбами без всякой посторонней примеси. В каждой более или менее большой коллекции минералов вы непременно найдете представителей этих железных метеоритов (рис. 141). Эти металлические куски некогда вращались вокруг солнца. На пути

им встретилась земля и своим притяжением положила конец их самостоятельному существованию. Теперь то, что некогда было звездой, тихо покоится в музее и свидетельствует о тождестве составных частей земной и внеземной материи.

■■ ■■

ДВАДЦАТЬ ДЕВЯТАЯ ЛЕКЦИЯ.

РАССТОЯНИЕ И ВЕЛИЧИНА НЕПОДВИЖНЫХ ЗВЕЗД.

Земная орбита, как базис для измерения расстояния до неподвижных звезд.—Удаление ближайших неподвижных звезд в световых годах.—Солнечная природа и вероятная величина неподвижных звезд.—Деление и количество неподвижных звезд.

В то время, как планеты постоянно изменяют свое положение на небе и проходят через различные созвездия зодиака, нам кажется, что неподвижные звезды все время между собой сохраняют одни и то же места на небесном своде. Кроме этого признака, который без зрительной трубы можно установить только в течении нескольких дней или недель, существует еще способ, посредством которого опытный глаз может легко отличить планеты от неподвижных звезд. Я говорю о мерцании небесных тел, под которыми разумею неровный дрожащий свет звезд. Планеты мерцают слабо или совсем не мерцают. Сатурн и Юпитер имеют спокойный, мягкий свет, и только иногда у Меркурия и Венеры, когда они находятся на горизонте, замечается слабое мерцание. Было найдено, что мерцание звезд, прежде всего, зависит от кажущейся величины небесных тел. Все неподвижные звезды, за исключением ближайшей неподвижной звезды—солнца, нам кажутся в виде точек, и только в этом случае наблюдается сильное дрожание света. Собственно причина мерцания лежит не в самых звездах, а в нашей атмосфере, известные слои которой находятся в постоянном движении и не всегда одинаково преломляют световые лучи.

Мы уже неоднократно рассматривали неподвижные звезды, не приводя, правда, для этого никаких строгих доказательств,—как мировые тела с собственным светом, которые находятся далеко за пределами последних планет; мы считаем их солнцами, которые лежат несравненно дальше нашего дневного света. Что это так и есть, мы постараемся сейчас доказать.

Чтобы определить расстояние до недоступного предмета, мы должны выбрать, как это мы и делали раньше, основную линию—базис, построить на нем треугольник и измерить два доступные нам угла. Построение подобной фигуры, или

лучше вычисление, даст нам искомое расстояние. Но здесь надо учесть одно условие. Базис должен до некоторой степени соответствовать вычисляемому расстоянию. Уже для определения степени удаленности луны, мы должны были прибегнуть к построению геометрической фигуры на большой части земной окружности. Для расстояния до солнца, земля оказалась слишком мала и вместо нее мы в качестве базиса взяли расстояние до луны. Какой же базис примем мы для неподвижных звезд, которые, повидимому, в тысячу раз дальше солнца? Мы уже говорили об особенно большом базисе; это самое большое расстояние, которым мы можем воспользоваться—поперечник земной орбиты. На этой линии длиной в 300.000.000 километров, может быть, нам удастся построить наш треугольник. По крайней мере попытаемся!

В любое время, когда земля находится в точке E своей орбиты, (рис. 142), направляют одну из зрительных труб угломер на солнце S, а другую—на определенную звезду, которая пусть будет видна в направлении EF. В результате этого наблюдения мы получили угол SEF. Ровно через 6 месяцев, когда земя придет в противоположную точку своей орбиты E′, снова визируют солнне, которое здесь служит только точкой отметки для соблюдения направления диаметра орбиты E′F, а затем – по направлению данной звезды E′F. Тогда получают угол SEF. Теперь нам известен базис, равный 300.000.000 километрам, и оба угла на концах этого базиса. На основании этих данных мы можем приступить к рисованию подобной фигуры. Как бы тщательно не производилось измерение и построение, никогда, ни у какой неподвижной звезды нельзя достигнуть того, чтобы линии EF и E′F пересеклись на каком нибудь измеримом расстоянии! Следовательно, выбранный базис все еще слишком мал! Длина в 300.000.000 километров ничего не значит для треугольника, вершина которого находится в точке звезды.

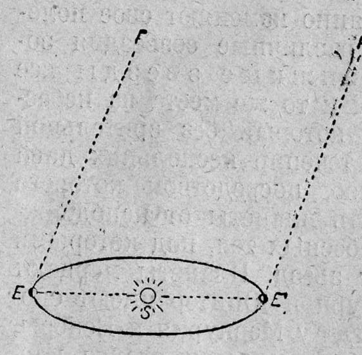


Рис. 142. Поперечник земной орбиты в качестве базиса для измерения удаленности неподвижной звезды.

Попробуйте однажды представить себе две прямых линии, выходящих из ваших глаз и пересекающихся на горизонте! Несомненно, что эти прямые образуют треугольник, в котором базисом будет расстояние между глазами. Но этот треугольник настолько узок, настолько сильно растянут в длину и остер, что наши даже самые лучшие инструменты спутают обе его стороны с параллельными линиями. Таким

же образом пересекутся обе визирные линии по направлению одной звезды, выходящие с двух концов базиса длиною в 300.000.000 километров; место пересечения этих прямых лежит настолько далеко, что они нам кажутся параллельными. Связать их с поперечником земной орбиты в надежде определить расстояние до неподвижной земли, значит то же самое, что попытаться определить протяжение целой страны—ладонью руки, как базисом. Нельзя сравнить две несравнимые величины: очень малую—поперечник земной орбиты, с очень большой—расстоянием до звезды.

Несмотря на это, астрономам после долгих стараний, всетаки, удалось подметить у некоторых звезд ничтожную разницу между направлениями EF и E′F и вычислить треугольник. Правда, это требовало необычайной тщательности, добросовестности, результаты этой работы принадлежат к одним из самых удивительных деяний, известных в истории астрономии. Мы были бы не в состоянии составить себе представление об этом громадном расстоянии, если бы взяли за единицу меры километр, милю или даже земной радиус. Для выражения этих огромных величин, которые едва ли можно представить числами, обычно применяют особый масштаб, который столь же величествен, как и сами расстояния. Это—свет служит нашим масштабом.

Вы помните, что световому лучу для того, чтобы пройти расстояние от солнца к нам, т.-е. 150.000.000 километров требуется 8 минут. Между тем, астрономы, на основании своих гигантских треугольников, уверяют, что лучу света с ближайшей звезды Альфа в созвездии Центавра [1]), для того что бы дойти до нас, требуется 4½ года; понятно—4½ года, когда в 8 минут проходится расстояние в 150.000.000 километров. Кроме того, не все звезды находятся на одинаковом расстоянии: есть ближние и дальние. Для того, чтобы до нас дошли лучи Сириуса в созвездии Большого Пса (см. рис. 143) нужно 9 лет, Процiона в созвездии Малого Пса—около 11 лет, Атаира в Орле—15, Альдебарана в Тельце и Веги в Лире—30, Полярной Звезды—40 лет! Световые лучи звезд падают в наш глаз, после того как они пробыли более или менее долгие годы в дороге, несмотря на совершенно для нас неощутимую скорость света, который проходит 300.000 километров в секунду. Тридцать лет от Веги, 40—от Полярной Звезды! Следовательно, световой луч говорит нам не о настоящем звезды, а о ее прошлом.

Кроме этих неподвижных звезд, которые употребляют время почти целой жизни человека, чтобы прислать весть о своем бытии, существуют еще многие другие—и сюда относят-

---

[1]) Все яркие звезды созвездия обозначают буквами греческого алфавита: альфа (α), бета (β), гамма (γ), дельта (δ), эпсилон (ε) и проч.

ся большинство звезд, свет которых находится в пути в течении столетий, а может быть и тысячелетий. Вычисления, основанные на факте уменьшения световой силы с увеличением расстояния, указывают как на возможное удаление последних, еще видимых в наши лучшие трубы, звезд, расстояние от которых проходится светом в течении 2.000 лет. Обратите, как нибудь, ваше внимание на скопление слабых звезд на небесном своде! В то время, когда звезда посылала свой свет, который нам в настоящий момент виден, никто еще из нас не жил, и никто из нас не увидит света, который она сейчас излучает, ибо путешествие этого расторопного звездного посла продолжается больше ста лет. Если звезда в данное мгновение погаснет, то несмотря на это, она будет видна еще в течение целого столетия. До тех пор глаз будет замечать ее на небе, пока не закончит своего пути тот луч, который звезда послала в момент своего разрушения. По сравнению с громадным протяжением пространства, движение света настолько медленно, что в том же месте, где в действительности звезда давно исчезла, мы видим ее призрак.

Остановимся на мгновение в границах мира неподвижных звезд! Астрономы, на основании бесспорных доказательств, установили, что ближайшая к нам звезда находится на расстоянии, по крайней мере, 250.000 раз большем, нежели солнце. Если, таким образом, представить шар, описанный вокруг солнца, как центра, радиусом в 250.000× 150.000.000 километров, то можно быть уверенным, что внутри этого пространства не находится ни одной звезды. Только по ту сторону шара начинается царство неподвижных звезд.

Отправимся теперь мысленно к некоторой точке этого воображаемого шара, которая означает внутреннюю границу неподвижных звезд, и лежит недалеко от Альфы в созвездии Центавра (ср. рис. 143). Какой величины нам будет казаться из этой точки земная орбита? Мы ее видим оттуда—и вычисление подтверждает это—как марку [1]), которая находится от нашего глаза на расстоянии в 2.500 метров. Между тем, в этом маленьком кругу, в действительности, движется земля со скоростью 108.000 километров в час. Напрасно стали бы мы на этом расстоянии искать нашу родную планету, даже если бы захватили с собой лучшую зрительную трубу. Как можно надеяться увидеть землю, когда ее орбита так сильно уменьшилась! Разве можно заботиться о пылинке, поднятой ветром под облака. Самое большее, что мы заметим, если внимательно вглядимся, это маленькую звездную точку в средине круга, представляющую нашу орбиту. Эта

[1]) Марка—германская серебряная монета, соответствующая нашим 50 копейкам. *Прим. перев.*

еле заметная точка—высшее начало земного мира, дарователь жизни—Солнце! С расстояния ближайшей к нам звезды, оно ничем не отличается от других небесных светил. Оно кажется простой неподвижной звездой, может быть такой, как земная Полярная Звезда или одна из звезд Медведицы. Отсюда мы должны вывести еще дальнейшее следствие: неподвижные звезды, светятся собственным светом, а не отраженным светом солнца. Если бы они светились

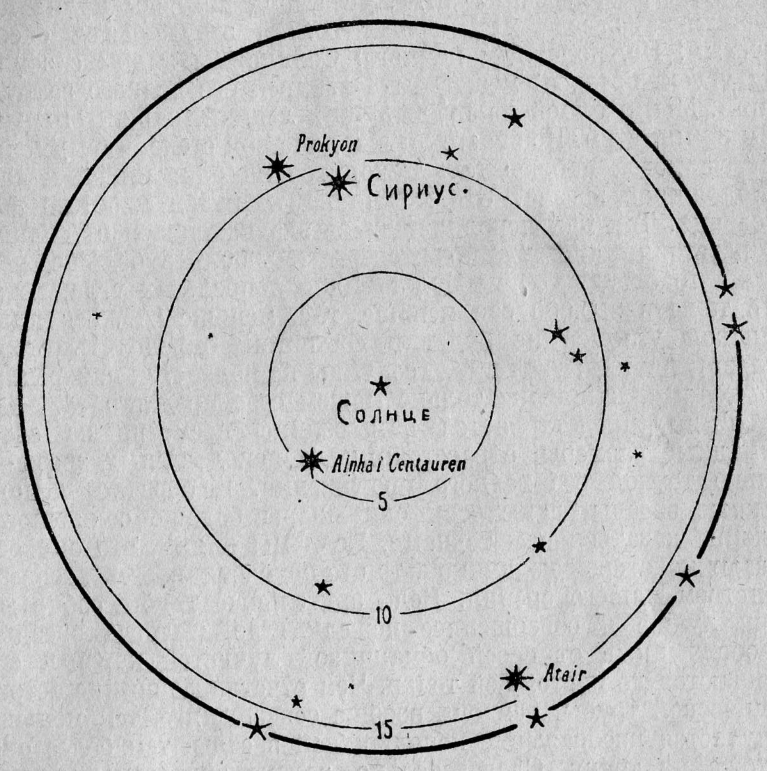


Рис. 143. Пространственное расположение неподвижных звезд вблизи солнечной системы в пределах расстояния до 15 световых лет.

заимствованным светом, то они освещались бы солнцем, имеющим на этом расстоянии размеры Полярной Звезды, так, как наша земля должна была бы, в свою очередь, освещаться Полярной Звездой. Но как мы знаем по собственному опыту, все звездное небо имеет совершенно ничтожное влияние на ночную темноту. Что было бы, если бы Полярная Звезда светилась бы только одна? Могли бы мы наблюдать вблизи и издалека землю, которая в слабом свете единственной неподвижной звезды была бы совершенно темна? Но, что открывается нам при взгляде на небо? Каждая не-

подвижная звезда представляет более или менее светлую точку. Некоторые, как, напр. Сириус, Вега, Капелла, Арктур, сияют лучистым светом. Дальнейшее решающее доказательство в пользу солнечной природы неподвижных звезд, вы найдете в следующей лекции. А пока не надолго остановимся на величине неподвижных звезд.

Если расстояние известно, то в геометрической последовательности встает вопрос о величине звезд, об измерении их углового поперечника, т.-е. угла, под которым видна неподвижная звезда. На первый взгляд это кажется очень простым! Но, подождем немного! Солнце мы видим с земли под углом, который может быть измерен без всякого затруднения. Мы, в одной из предыдущих лекций, нашли его равным 32 минутам. Но знаете ли вы, до какой степени он уменьшается, когда наблюдатель находится на ближайшей к нам неподвижной звезде? Это можно найти путем простого вычисления. Так как неподвижная звезда находится от солнца на расстоянии по крайней мере в 250.000 раз больше, чем земля, то оттуда солнце будет видно в пределах угла, который тоже в 250.000 раз меньше, т.-е. меньше $^1/_{100}$ секунды. Никакой угломер не будет в состоянии определить столь малую величину; угол в $^1/_{100}$ секунды не поддается измерению аппаратами, какие мы только можем себе представить.

Таким представляется нам солнце, несмотря на свои громадные размеры, с расстояния до неподвижных звезд — только точкой без всякого протяжения. И обратно—неподвижные звезды, даже если они—шары больше солнечного, должны казаться нам точками. Если мы видим, что они обладают некоторой величиной, то это обусловливается несовершенством нашего зрения. Ведь зрительные трубы собирают лучи лучше и совершеннее нежели глаз, и тогда звезды, освобожденные от своей обманчивой лучистой короны, сокращаются до настоящей точки. Чем отчетливее зрение астрономической трубы, чем она вообще совершеннее, тем меньше получается изображение неподвижной звезды, тем более она похожа на точку. Следовательно, задача зрительной трубы состоит только в том, чтобы яснее ограничить неподвижную звезду и лишить ее лучистого протяжения. Если это достигнуто, то тело кажется, правда, значительно ярче, но только точкой без протяжения.

Если наши несовершенные инструменты приводят нас только к высказыванию некоторых предположений относительно величины неподвижных звезд, то одно, во всяком случае, не подлежит никакому сомнению: неподвижные звезды являются самостоятельно светящимися небесными телами; расстояние до них так велико, что свету требуются годы, даже столетия, чтобы достигнуть нас. Если смотреть из царства звезд, то наше солнце тоже будет только звездой.

Большое расстояние превращает солнце в звезду или малое расстояние последнюю превращает в солнце—как куча раскаленных углей издали кажется нам искрой или, наоборот, искра в приближении преобразуется в массу раскаленных углей—то не подлежит никакому сомнению, что неподвижные звезды — солнца, которые можно сравнить с нашим солнцем; они также представляют громадные источники тепла и света и, возможно, являются центрами планет и спутников—темных миров, присутствие которых предполагает ум, но глаз никогда не увидит.

Астрономы разделяют неподвижные звезды на классы по их различной яркости. Из них самые яркие называются звездами первой величины, менее яркие—второй величины и т. д. Но подобное деление не должно ввести вас в заблуждение: оно ничего нам не говорит о действительной величине звезд, но указывает только на их яркость, так, напр., Сириус будет первой величины, Полярная Звезда — второй. Значит ли это, что Полярная Звезда меньше Сириуса? Конечно, нет, ибо причиной меньшей яркости может служить большее расстояние. Звезда может принадлежать к последнему классу, а в действительности быть гораздо значительнее, нежели другая первой величины. Какая нибудь маленькая звездная точка, лежащая на пределе видимости, может быть великаном в сравнении с Сириусом.

К первым шести классам относятся те звезды, которые можно различить простым глазом. Остальные классы обнимают собой звезды, видимые только в зрительные трубы. Звезды первой величины, видимые на нашем полушарии можно расположить по степени их яркости в следующий ряд:

№	Звезды.	Созвездия.	№	Звезды.	Созвездия.
1	Сириус.	Большого Пса.	9	Альдебаран.	Тельца.
2	Вега.	Лиры.	10	Поллукс.	Близнецов.
3	Капелла.	Возничего.	11	Спика.	Девы.
4	Арктур.	Боотеса.	12	Антарес.	Скорпиона.
5	Ригель.	Ориона.	13	Фомальгаут.	Южн. Рыбы.
6	Процион.	Мал. Пса.	14	Денеб.	Лебедя.
7	Атаир.	Орла.	15	Регул.	Льва.
8	Бетейгезе.	Ориона.	16	Кастор.	Близнецов.

В южном полушарии следует упомянуть Канопус в созвездии Арго, Альфу и Бету в Центавре, Ахернар в Аридоне и Альфу и Бету в Южном Кресте. Это в общем, составляет 20 звезд первой величины.

С уменьшением величины число быстро возрастает. Насчитывают 60 звезд второй величины, 170—третьей, 410—четвертой, 1.100—пятой и 4.000—шестой. В общем число звезд видимых простым глазом на небе достигает 6.000. По меньшей мере 1.000 из них в наших областях находятся за горизонтом и никогда не бывают видимы. Остальные 5.000 распределяются по всему небу. Но, так как мы всегда одновременно видим только одну половину неба и, кроме того, дымка на горизонте вызывает значительное ослабление яркости звезд, то общее число видимых звезд будет 2.000, в лучшем случае 3.000 и только тогда, если ночь ясна, и глаз обладает особенно острым зрением. Это удивительно мало На первый взгляд, кажется, что количество светящихся точек на небе неисчислимо! Однако звездное богатство неба значительно превышает наше ожидание. Сосчитаем в зрительной трубе звезды меньших величин, то число поразительно увеличивается. Так находится 17.000 звезд седьмой величины, 55.000 — восьмой, 330.000 — девятой, а 14-ой величины около 300 миллионов. В гигантских глазах наших труб иногда некоторая часть неба, которая захватывает площадь не больше диска луны, кажется одним сплошным скоплением бесчисленных звезд. Четырнадцатая величина обычно является пределом зрительной способности наших инструментов, но это не значит, что этим заканчивается звездное богатство мирового пространства. Если мы поместим фотографическую пластинку в фокусе зрительной трубы и подвергнем ее действию света неба, то с каждым часом, увеличивая время экспонирования, мы достигаем более глубоких слоев мира, и получится изображение отдельных солнц, которые тесно примыкают друг к другу и образуют фигуры вроде облаков. Где же там искать границы вселенной?

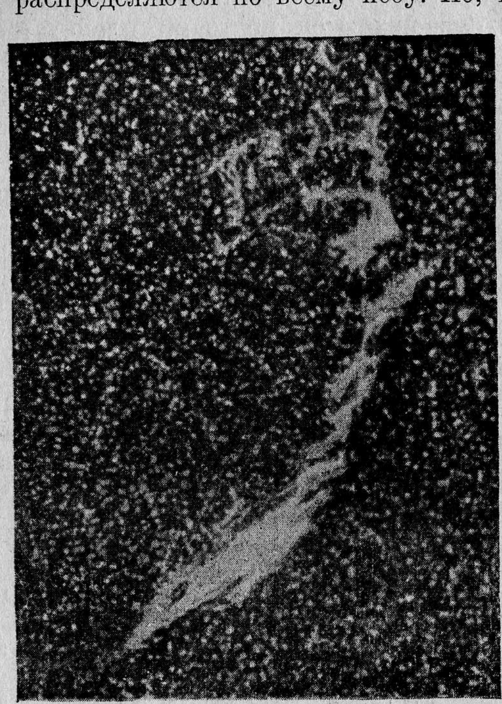


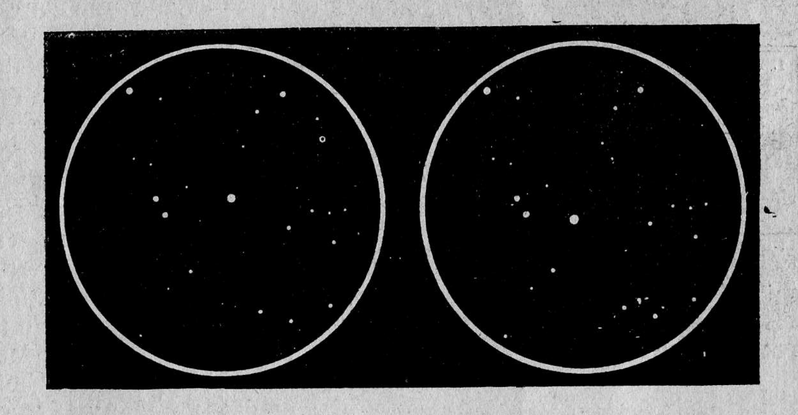
Рис. 144. Туманность в созвездии Лебедя.

ТРИДЦАТАЯ ЛЕКЦИЯ.

ДВИЖЕНИЕ И ФИЗИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЗВЕЗД.

Изменение положения звезд на небе и в пространстве.— Двойные звезды и их движение.— Исследование спектра звезд.— Переменные звезды.— Появление новых звезд.

При поверхностном взгляде кажется, что звезды на небесном своде постоянно сохраняют свое взаимное расположение. Что же они действительно неподвижны или их покой является иллюзией? Нет сомнения, что и неподвижные звезды постепенно изменяют свои положения, ибо в небесном пространстве все движется: земля и солнца, дающие первым жизнь. Если звезды нам кажутся прикрепленными к одному месту, то это об'ясняется только тем, что громадное расстояние скрывает проявления их движения. В действительности они движутся, они проходят таинственные орбиты вселенной, которые, конечно, мы пока не можем обосновать при помощи наших измерений пространства и времени.



1900. 1800.

Рис. 145. Наибольшее самостоятельное движение звезды в северном полушарии неба. Относительное положение звезды седьмой величины Ск. 1830 к соседней звезде в 1800и 1900 г. |———| Ширина лунного диска.

Было сделано все, чтобы пролить свет на это таинственное движение, все чего можно достигнуть путем новых точных астрономических методов. Звезда седьмой величины в созвездии Большой Медведицы, которая в первые измерялась Грумбраджем и, в соответствующем указателе, отмечена под номером 1830, ежегодно передвигается на небольшой кусок неба (рис. 145), который можно закрыть толщиной нити, на расстоянии в 30 метров—на дугу в семь секунд. Но

если принять во внимание расстояние до звезды, эта толщина нити принимает невообразимые размеры, ибо она по меньшей мере, соответствует 11.000 миллионам километрам. Такова длина пути звезды в течение одного года!

Для того, чтобы нам не запутаться в слишком больших числах мы ограничимся путем, который совершает звезда в одну секунду. Значит, эта звезда Большой Медведицы проходит в секунду 350 километров. В равное время земля проходит по своей орбите только 30 километров и уже здесь, напрасно мы пытаемся представить себе это бешеное движение. Там же у нас звезда, которая несется в пространстве с десятикратной скоростью. Однако, расстояние до нее так велико, что мы должны были бы дожидаться тысячу лет, пока она пересечет поле зрения зрительной трубы!

Следовательно, все звезды только в различной степени обнаруживают движение, которое происходит у некоторых в одном направлении, у других—в другом.

Наша ближайшая неподвижная звезда—солнце, не составляет исключения из этого правила. Вместе со своими планетами, наше центральное тело несется по направлению к созвездию Геркулеса со скоростью 20 километров в секунду. Никто не знает какая сила тянет солнце в эту область неба и кто снабдил его такой скоростью. Движется ли оно вокруг какой-то неизвестной звезды или оно мчится по прямой линии? Мы это не в состоянии решить. Способы измерения движений звезд слишком новы для того, чтобы можно вести какие-нибудь заключения кроме тех, которые я вам сообщил. Нет сомнения, что наши потомки через 100 или 200 лет будут знать больше подробностей.

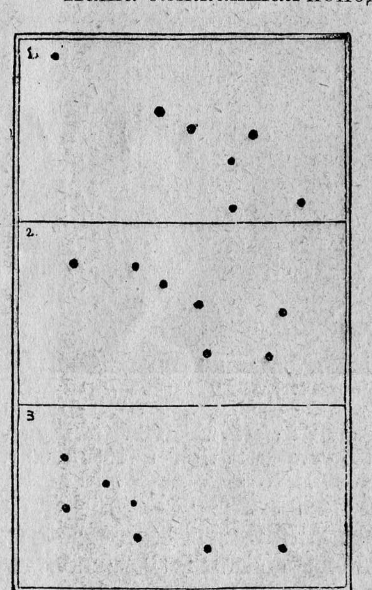


Рис. 146. Созвездие Большой Медведицы:
1) 50.000 лет тому назад,
2) в настоящее время,
3) через 50.000 лет.

Хотя движение звезд скрыто от нас бесконечными далями, тем не менее они растут в течение столетий. Следовательно, наступит время, когда современные созвездия примут новую форму (рис. 146). История человечества представляет одно короткое мгновение в жизни далеких солнц. Может случиться, что на земле не будет больше людей, которые явились бы свидетелями новых

Таблица IX.



Большая комета 1910 года, в сумерки 29 января.

созвездий и они будут посылать свои светлые лучи только мертвой, лишенной всякой жизни, земле.

Особый вид движения обнаруживается у двойных звезд. Под этим названием разумеют несколько вместе стоящих звезд, которые при внимательном наблюдении, с течением времени показывают отчетливые круговые движения. Собственно двойные звезды, следовательно, такие, которые состоят из двух солнц наиболее распространены, их известно более 15.000. Реже встречаются на небе тройные звезды, а с группировкой высшего порядка, т.-е. состоящих больше чем из трех звезд, имеется всего около дюжины. Например: Кастор или Альфа в Близнецах является двойной звездой. Тройной звездой будет Альфа в Центавре, Гамма в Андромеде, четверной—Эпсилон в Лире, шестерной—Тета в Орионе. Как бы велико не было их число всегда все, друг друга сопровождающие солнца, из которых состоит многократная звезда, стоят настолько тесно, что для глаза они почти сливаются вместе. Нередко надо иметь лучшую зрительную трубу и особенно благоприятные атмосферные условия, чтобы можно было видеть их раздельными. Так, напр. звезда Эпсилон из Лиры представляет для среднего глаза, даже при ясном небе, только одну светящуюся точку. Однако, уже в бинокле, она разделяется на две, приблизительно одинаковой яркости, звезды, а в астрономическую трубу видно как около каждой из этих звезд стоит еще по слабому спутнику. Из кажущейся близости отдельных звезд и по той трудности, с которой они разделяются в зрительной трубе, еще нельзя сделать вывода, относительно взаимной близости этих звезд. Два главных солнца, из которых состоит ближайшая к нам звезда—Альфа в Центавре, разделяет расстояние около 3.500.000.000 километров, следовательно, они находятся друг от друга дальше, чем Уран от солнца (рис. 147). Времена обращений у отдельных двойных звезд в высшей степени различны, у некоторых они сохраняют от 5 до 20 лет, у других—100, а иногда достигают и тысячи лет. Из ярких звезд, кроме Альфы в Центавре, имеет спутников Сириус и Процион, которые быстро движутся и их времена обращений, в круглых

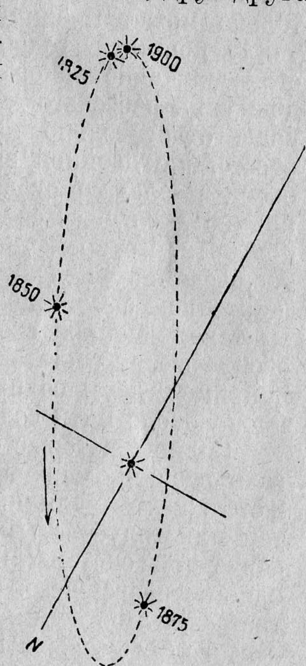


Рис. 147. Кажущийся путь двойной звезды Альфы в Центавре от 1825 до 1900 года. Очень сильно увеличено.

числах, равны 80, 50 или 40 годам. Согласно законам силы тяжести, малая звезда вращается, подобно планетам, по эллипсу вокруг большой. Сегодня она видна над главным солнцем, через 30 или 40 лет может быть будет видна налево от него, потом—под ним, а затем—вправо; через некоторое время обращение снова начинается. Хотя мы иногда видим орбиты двойных звезд под некоторым углом, но геометрия дает нам метод, которым мы можем восстановить истинное движение. При этом у всех двойных звезд были обнаружены одинаковые явления; каждое солнце вращается вокруг другого по тем же законам, которые управляют в солнечной системе.

Та же сила, которая царствует в солнечной системе и направляет круговое движение планет—закон притяжения Ньютона—действует в отдаленнейших областях мира, куда только может проникнуть взгляд. Падение камня нас научило понимать годовое обращение земли: им же об'ясняется движение одного солнца вокруг другого. Наоборот, из движения небесного тела по орбите, мы много раз делали выводы относительно массы главной звезды. Если известно расстояние двойной звезды от земли, и измерено удаление обоих звезд друг от друга в угловых величинах то, как например у Альфы Центавра, можно выразить расстояние в километрах. Из времени обращения находят кривизну орбиты, т.-е. величину падения одной звезды на другую. Сравнив с движением земли, полученные цифры дадут величину массы такой двойной звезды в единицах солнечной массы. Вес обоих звезд, составляющих Альфу Центавра соответствует например двум солнечным массам, у Сириуса—три, у Проциона около пяти солнечных масс и т. д.

Солнца, которые составляют двойную звезду, иногда бывают различно окрашены. В то время, как одна из звезд кажется желтой или красноватой, другая светится белым светом или голубоватым. Представим себе, что в центре нашей солнечной системы находятся два или три солнца, вместо одного теперешнего: одно из них более, другое голубоватое, третье желтое или красноватое. В подобных условиях должен был бы совершенно исчезнуть ночной мрак: едва успело зайти одно солнце, как другое уже восходит. Если бы мы тоже предпочли непрерывный день, то тогда мы бы имели совершенно своеобразную смену в дивном разнообразии света. За белым освещением, следует красная или желтая иллюминация. Затем наступают дни с двумя—тремя солнцами, с неисчерпаемым действием тепла и игрой света, которая получается смешением различных лучей. Подобное великолепие сияния солнц возможно существует в действительности на тех планетах, которые своим солнцем имеют двойную, тройную и т. д. звезду.

У единичных солнц более редко встречается различная окраска. Так Альдебаран, Антар, Бетейгезе, светятся красноватым светом, Капелла и Арктур кажутся нам зелеными. Окраска звезд находится в тесной зависимости от спектра этих далеких звезд. Известная полоса белой звезды, напр. Вега, показывает преобладание синих и фиолетовых лучей в то время, как свет напр. Антара состоит почти исключительно из красных и желтых лучей. Но, если они, как это мы заключили раньше на основании яркости звезд, представляют действительно далекие солнца, то в каком же соотношении стоит это с остальными особенностями их спектра? Может быть здесь так же были открыты следы темных линий, как это показывает солнечная атмосфера? Может быть можно по одинаковости линий доказать присутствие земных веществ на этих далеких мирах?

В настящее время спектральное исследование света неподвижных звезд на присутствие темных линий не представляет ровно никаких трудностей, в особенности после того, как для этой цели стали применять фотографию.

Действительно существуют звезды, которые имеют почти тот же порядок расположения линий, какой наблюдается в солнечном спектре. Так, напр. подобной солнцу звездой является яркая Капела в Возничем, которая в первые месяцы года, по вечерам светится вблизи от зенита. она сияет желтым светом и потому этот оттенок должен был бы иметь наше дневное светило при расстоянии до неподвижных звезд. Очень мало линий обнаруживается на спектре белых звезд, как Сириуса и Вега, но зато у красных звезд, линии скапливаются в целые группы полос (рис. 148). Чем более звезда— тем чище ее спектр от линии, чем она краснее—тем больше полос появляется на спектре, в особенности в его фиолетовой части.

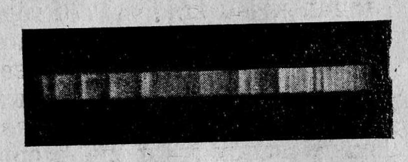


Рис. 148. Спектр главной красной звезды в Геркулесе.

Вспомните теперь об'яснение, которое я дал для линий солнечного спектра! Раскаленное солнечное ядро посылает к нам лучи через слой охлажденных паров, которые, в зависимости от своего состава гасят некоторые тона цветной клавиатуры. Если бы было возможно на солнце усилить температуру этих газов, то, конечно, линии стали бы понемногу исчезать, тогда как при охлаждении количество темных линий увеличивалось бы.

Этот опыт огромной важности. Он показывает нам, что атмосфера белых звезд горячее газовой оболочки нашего солнца, а атмосфера красных, наоборот, холоднее. Следова-

тельно, белые звезды имеют более высокую температуру, красные—более низкую, так же как металл в состоянии белого каления горячее того, который нагрет только до красного каления. Цвет и спектр звезд позволяет нам заглянуть в их прошлое и будущее, хотя мы этого и не можем непосредственно наблюдать: белые моложе красных, уже значительно охлажденных солнц. Так и наше дневное светило когда-нибудь образует красную звезду и, наконец, совсем охладится та звезда—земля, на которой живем, мы люди. То количество миллионов лет, которое для этого потребуется, мы, конечно, установить не можем.

Те вещества, которые удалось обнаружить посредством наблюдения линий спектров звезд, в общем те же самые, что на солнце и земле. Железо, натрий, кальций, водород играют здесь такую же видную роль, какая приходится на их долю в солнечной системе.

Известно некоторое количество звезд, яркость которых меняется в более или менее короткий промежуток времени, к этой группе принадлежат, главным образом, красные звезды. Они называются п е р е м е н н ы м и з в е з д а м и. Так, Омикрон в Ките иногда достигает яркости звезды первой величины. В октябре 1779 года он был едва ли слабее Альдебарана. Но по большей части он достигает яркости только третьей величины. После свего свечения в течение 14 дней в качестве определенно заметной звезды, он обычно начинает понемногу тускнеть и наконец различается среди слабых, окружающих его звезд в зрительную трубу только благодаря своему красному свету. Это состояние, когда звезда неизменяется, продолжается около пяти месяцев. Затем она начинает, так сказать, снова светиться, и ее яркость с каждым днем увеличивается. Наконец получает свою первоначальную яркость, чтобы затем в промежутке 332 дней снова повторить все явления. Еще замечательнее Эта в созвездии Корабля Арго—звезда, которая видна только на южном полушарии неба. В начале XIX столетия она относилась к четвертой величине. Гершель, который наблюдал ее с мыса Доброй Надежды, и в течение многих лет причислял ее к звездам второй величины, в 1837 году заметил, что ее яркость быстро начала вырастать и почти сравнялась с Сириусом. Это превращение совершалось 14 дней. Затем звезда немного потускнела, но не спустилась ниже класса первой величины. В 1843 Эта состязалась во второй раз с Сириусом. Ее необыкновенная яркость сохранялась до 1850 года, когда ее свет начал слабеть. В настоящее время звезда является 7-ой величины и видима только в трубу и больше не обнаруживает намека на изменения яркости.

Точные причины изменения яркости невозможно установить. Может быть, что периодические звезды имеют, по-

добно нашему солнцу, темные пятна, только большего размера, которые в известное время, когда они к нам обращены, временно ослабляют яркость диска. Возможно, что вокруг этих звезд движутся по сильно экцентрическим орбитам большие темные спутники, как наши планеты, которые при сильном приближении силой своего притяжения заставляют выступать огненные массы на остывшую поверхность и тем самым приводят потухшие солнца опять в состояние свечения.

То, что действительно имеются такие звезды, которые окружены темными планетами, не подлежат никакому сомнению после наблюдения звезды второй величины А л ь г о л я в Персее. В промежутках времени от 2 суток до 20 часов и 49 минут, его обычно равномерный свет сильно уменьшается и, после максимального падения яркости, снова доходит до своей первоначальной величины. Солнечные затмения в этом отношении дают нам земной пример для сравнения. Равномерные наступления уменьшения яркости и вся совокупность сопровождающих явлений не оставляют никакого сомнения, что в случае Альголя мы тоже имеем факт затмения бо́льшей части этого солнца темным телом.

С течением времени на небе было найдено около 100 подобных Альголю звезд, обладающих равномерным периодическим чередованием затмений. Их орбиты были вычислены из характера происходящих изменений: Некоторые звезды при этом почти совершенно гаснут на несколько часов, как наше солнце при полном затмении, другие же только при внимательном наблюдении обнаруживают едва заметное уменьшение яркости указывающее на то, что между звездой и землей вдвинулась темная ширма. Как должны выглядеть обе звезды Альголя при большем увеличении показывает рис. 149.

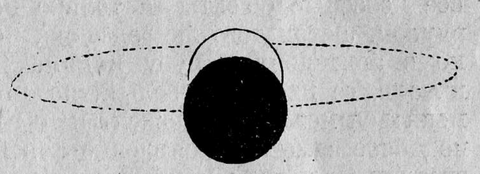


Рис. 149. Положение системы Альголя во время наименьшей яркости звезды. Относительные размеры сохранены.

Время от времени на небе появляются, так наз. н о в ы е з в е з д ы, которые вдруг начинают светиться, становятся видными в течении нескольких недель или месяцев, а затем опять гаснут. Так было со звездой 1572 года. Датский астроном Тихо Браге рассказывает нам, как он, когда увидел эту необычайно-яркую звезду, которая в ноярбе названного года внезапно появилась в созвездии Кассипеи, был настолько удивлен, что едва осмелился поверить своим глазам. На небе, которое считали неизменным, вдруг образовалось новое солнце. Новая звезда ничем не отличалась от

других, только ее яркость была сильнее самых ярких звезд первой величины, не исключая и Сириуса. Хороший острый глаз мог ее заметить даже во время светлого полудня, и темной ночью ее можно было видеть через тучевую стену в то время, как остальные звезды были скрыты. Это была настоящая неподвижная звезда, которая также недвижно стояла на небе, как и другие. Через две или три недели яркость стала уменьшатся, а в марте месяце 1574 года совершенно пропала для глаза после того, как она просияла 17 месяцев.

Из новых звезд особенно замечательна та, которая появилась в 1604 году в созвездии Знаменосца и особенно рьяно изучалась Кеплером. Она была менее ярка, чем новая звезда 1572 года, но первое время превосходила своей яркостью все остальные звезды. Через 15 месяцев она тоже сделалась невидимой для простого глаза.

В дальнейшее время можно было наблюдать еще целый ряд подобных явлений. Так, в 1848, 1866, 1885 и 1891 г.г. наблюдались довольно яркие новые звезды, но из них ни одна не представляла особенно заметного явления на небе. Только в феврале 1901 г. внезапно появилась новая звезда первой величины в средине созвездия Персея. От полного мрака ее свет усиливался поразительно быстро, вплоть до вечера 23 февраля, когда она превосходила своей яркостью все небесные об'екты и только не могла сравняться с Сириусом. Летом того же года, она исчезла для простого глаза, но в зрительную трубу видима и по настоящее время. В начале, ее цвет был белый, потом желтый и, наконец, стал меняться между светложелтым и глубоко-красным тоном. Поподобное заметное появление новой звезды произошло, в созвездии Орла, во время печатания этой книги 8 июня 1918 г., эта звезда еще и в настоящее время сильно интересует астрономов.

Каким образом должны мы об'яснить подобное появление новых звезд? Идет ли здесь дело о новом образовании воспламенившихся солнц, которые, как ошибки творения разрушаются за короткое время или во внезапных гигантских пожарах, которые заставляют светиться первоначально темные тела и делают их видимыми? На это пока трудно дать определенный ответ. Спектроскопическое исследование новых звезд показало, что они в своих спектрах содержат не только темные линии, но и большое количество светлых полос (рис. 150). Светлые линии принадлежат, главным образом, водороду, и поэтому мы должны принять, что раскаленные газы, в особенности водород, играют важную роль в свечении новых звезд. Большинство этих звезд перед своим появлением были совершенно невидимы, и частью после него совершенно исчезли. Следовательно, нам нельзя исследовать

их прошлое и ждать наступления будущего. Применение фотографии, правда, значительно расширило пределы видимости новых звезд, но все же на наших глазах разыгрывается только одно короткое мгновение историй их жизни.

Новые звезды, если только это мыслить в больших размерах, имеют много общего с метеорами, которые темными

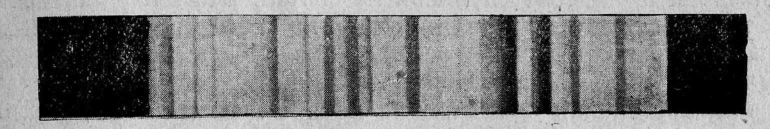


Рис. 150. Фотография спектра новой звезды в Персее.

телами внедряются в земную атмосферу и там почти полностью сгорают. Поэтому астрономы предполагают, что темные охлажденные звезды, которых вероятно очень много в мировом пространстве, при своем движении встречаются с туманностями, в области которых они загораются, как метеоры в земной атмосфере. Тот нежный туман, который был найден на фотографических снимках в окрестности новой звезды Персея, дает право думать, что подобное об'яснение не так далеко от истины.

■■ ■■

ТРИДЦАТЬ ПЕРВАЯ ЛЕКЦИЯ.

НАХОЖДЕНИЕ И НАБЛЮДЕНИЕ ЗВЕЗД.

Изменение вида неба в течение одного года.— Околополярные звезды.— Созвездия зимнего неба.—Созвездия летнего неба.

После того, как мы совершили полет по звездному царству, теперь наступило самое время, когда можно сказать несколько слов о способах, которые применяют для ориентировки среди бесчисленных звезд неба.

Вы знаете, что уже в древности звезды об'единяли в группы, в так наз. *созвездия*, обозначения и границы которых выбиралась в высшей степени произвольно. Тоже самое применимо к названиям, которые взяты от различных вещей, орудий, зверей, лиц и т. п. Вы уже познакомились с Большой и Малой Медведицами (рис. 28), которые вы должны сейчас вспомнить, ибо они будут нам служить исходной точкой для отыскания других созвездий.

Везде, где бы мы не находились, часть неба от нас постоянно скрыта кривизной земли. Если бы вы захотели исследовать весь небесный свод, вам бы пришлось поехать на юг и переступить экватор. В одной из предыдущих лекций

я подробно останавливался на этом факте, так что сейчас совершенно излишне вновь возвращаться к нему. Только одна часть звездного неба выступает над нашим горизонтом и, кроме того, одна половина днем, а другая ночью. Поэтому кажется, что одна половина тех созвездий, которые вообще поднимаются у нас над горизонтом, нам будет постоянно невидима, ибо скрывается дневным светом. Это, конечно, было бы так, если бы земля не двигалась по своей орбите, а только обращалась вокруг своей оси. Однако, вследствие движения земли вокруг солнца, все звезды, поднимающиеся над горизонтом, постепенно попадают на ночное небо и потому становятся видимыми.

Солнечные сутки, как мы уже знаем, в среднем на 4 минуты длиннее звездных. Звезда, которая сегодня проходит меридиан одновременно с солнцем, завтра пройдет на 4 минуты позже, после завтра на 8 и так до тех пор, пока она не появится на небе ночью и, следовательно, не станет видимой, хотя раньше была скрыта от наших глаз. Отсюда ясно, что вид неба меняется в зависимости от времени года. Мы установим характерные различия зимой и летом и, прежде всего, обратимся к созвездиям, лежащим около полюса, так наз. околополярным звездам.

Мы уже знаем, что все звездное небо нам кажется вращающимся около земной оси, продолжение которой проходит недалеко от Полярной Звезды. Каждая звезда описывает вокруг этой мысленной линии круг, который, в зависимости от удаления от полюса, будет больше или меньше. Вследствие крутого положения земной оси по отношению к горизонту, круги, описываемые близко стоящими к полюсу звездами, лежат выше нашего кругозора; звезды, которые находятся вблизи экватора неба, опускаются в большей или меньшей степени ниже его, следовательно, околополярные зевзды никогда не восходят и не заходят. Благодаря тому, что эти звезды постоянно находятся в видимой части неба, они показываются сейчас же после захода солнца и гаснут после его восхода, и никогда не бывают скрыты кривизной поверхности. Группы, образованные ими, назвыются околополярными созвездиями. Остальные звезды заходят и восходят; они появляются на восточном крае горизонта, поднимаются на небе и тонут затем в его западной части. Околополярные созвездия, следовательно, будут видимы каждую ночь и в любое время года. Но вследствие их вращения около оси неба, они, в зависимости от часа наблюдения, стоят то вправо, то влево от полюса, иногда выше, иногда ниже его. Сюда относятся—Большая Медведица, Малая Медведица и Персей.

Мы, прежде всего, займемся наблюдением неба в конце декабря в 9 или 10 часов вечера. Ночь ясна и, с нашего

места, мы можем осмотреть весь небесный свод. Посмотрим на север. Большая Медведица находится направо, немного ниже полюса и свой хвост обращает в обратную сторону. Спустя час мы ее видим направо от Полярной Звезды, куда ее привело вращение неба. По истечении некоторого времени, около утра, она стоит уже над Полярной Звездой, где она, незадолго до восхода, исчезает.

По другую сторону Полярной Звезды, следовательно, налево на Млечном Пути, находится красивое созвездие, которое состоит из трех звезд второй величины и двух—третьей. Оно имеет форму латинского W и называется Кассиопеей.

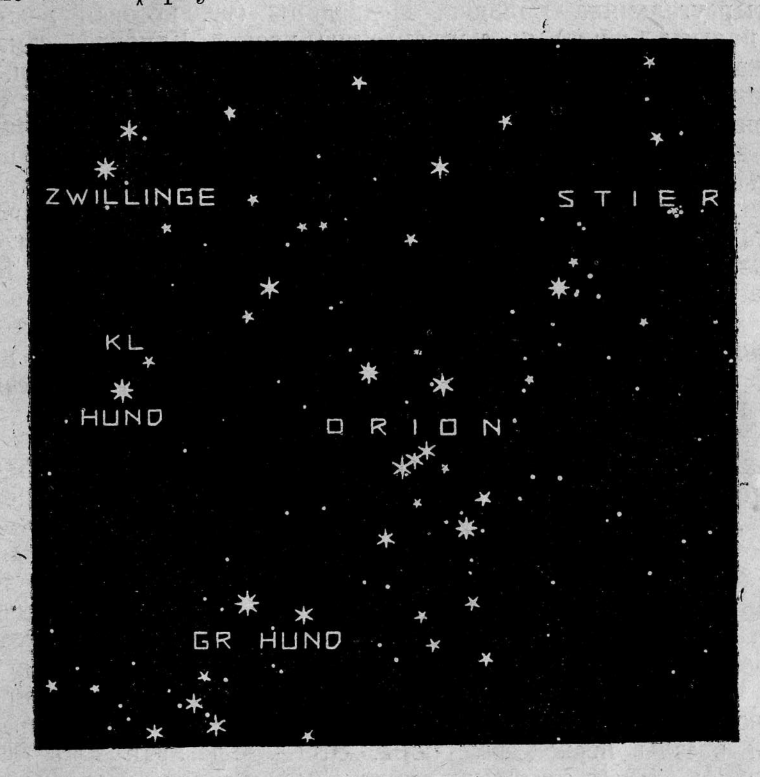


Рис. 151. Изобилующая звездами область звездного неба, которая бывает видима на южном горизонте в декабре около полуночи, в январе в 10 часов, в феврале в 8 часов вечера.

Это созвездие стоит относительно полюса постоянно против Большой Медведицы, налево от Полярной Звезды, когда Большая Медведица находится направо от нее, над ней—когда Большая Медведица под ней и т. д. Новая звезда 1572 года появилась в этом созвездии.

В четыреугольнике Большой Медведицы можно провести две диагонали: одна из них приводит к хвосту, другая

нет. Если провести последнюю и продолжить ее до Кассиопеи, то она пересечет Персей — малозаметное созвездие, но которое замечательно тем, что в нем появилась переменная звезда Альголь. Ведь вы помните: эта та интересная звезда, которая время от времени затемняется своим темным спутником (рис. 149) и тогда кажется мало яркой.

Около Персея, приблизительно в зените, находится красивая желтая звезда первой величины—Капелла в созвездии Возничего. Эту звезду, которая очень похожа на наше солнце, можно найти если продолжить более длинную сторону четыреугольника Большой Медведицы (ту, которая лежит к полюсу ближе) по направлению хвоста. Капелла—самая яркая околополярная звезда и бывает видна круглый год.

Повернитесь теперь на юг, где видны самые красивые созвездия года (рис. 151)! Прежде всего там—Орион—большой неправильный четыреугольник, в средине которого находятся на одной прямой линии три звезды одинаковой яркости. Эти три звезды образуют пояс охотника, который гигантской палицей убивает небесного Тельца. Их называют также Посохом Иакова или Мудрецами из царства утра. Две диагонально стоящие звезды в четыреугольнике Ориона являются звездами первой величины. Верхняя—Бетейгезе, красного цвета и образует первое плечо Ориона. Нижняя называется Ригель, белого цвета и принадлежит левой ноге охотника.

Если продолжить линию трех звезд пояса Ориона к юговостоку, то она достигнет самой яркой звезды неба—белого Сириуса, который принадлежит созвездию Большого Пса.

На восток от четыреугольника Ориона, приблизительно на одинаковой высоте с Бетейгезе, стоит звезда первой величины—Процион в Малом Псе. Сириус, Бетейгезе и Процион образуют равносторонний треугольник, который пересекается Млечным Путем (см. таблицу X).

Если мы продолжим теперь линию пояса Ориона в противоположном Сириусу направлении, то она достигнет красной звезды первой величины. Это—Альдебаран или глаз Тельца: он находится на конце Гиад—группы звезд, которая имеет вид V, и состоит из пяти или шести очень отчетливо выступающих звезд.

За Альдебараном можно легко обнаружить светлое облачко — Плеяды или Семизвездие — группу, состоящую из шести слабых звезд, которые можно увидеть разделенными только обладая острым зрением. Однако здесь, зрительная труба открывает несколько сотен звезд.

Диагональ четыреугольника Большой Медведицы, которая исходит из корня хвоста, проходит через Сириус, который мерцает в юго-восточной части неба. На полупути здесь

находятся Близнецы—созвездие, в котором особенно ясно выступают Поллукс и Кастор, они стоят над Проционом, приблизительно на прямой, соединяющей Ригель с Бетейгезе.

Обратимся теперь к летнему небу.

Конец июня! Зимние звезды исчезли. Сириус, Процион, Ригель, Альдебаран не видны больше, ибо они проходят вместе с солнцем по дневному небу. Их заменили другие. Большая Медведица занимает теперь место направо от Полярной Звезды, и хвост ее направлен вверх. Кассиопея находится направо в виде перевернутого W. Согнутый в виде указательного пальца хвост Большой Медведицы показы-

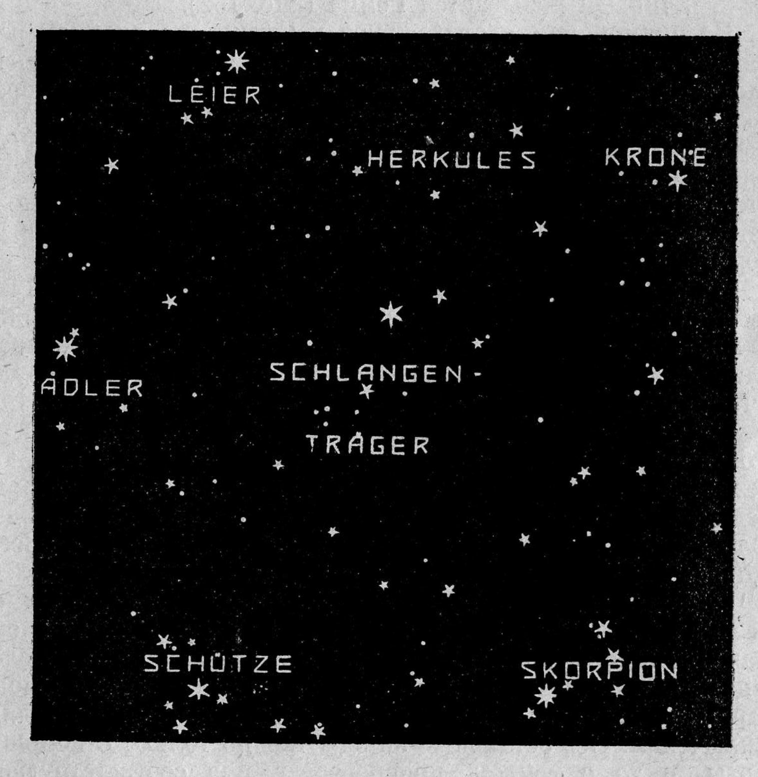


Рис. 152. Изобилующая звездами область летнего неба, которая бывает видима на южном горизонте в июне около полуночи, в июле в 10 часов, в августе в 8 часов вечера.

вает своим сгибом на желтую звезду первой величины, стоящую высоко над горизонтом—Арктур в созвездии Боотеса. Если мы продолжим дугу хвоста Большой Медведицы, как будто хотим замкнуть круг, то на пути, после того как минуем Арктура, встретим белую Спику—большую звезду первой величины, которая принадлежит созвездию Девы.

Если мы останемся в западной части неба, но будем двигаться по направлению к северу, то натолкнемся на Регула в сердце Льва. На него также показывает линия, которая идет от задних колес Воза, в противоположном Полярной Звезде направлении. Правая часть Льва, которая состоит из шести звезд, имеет форму серпа. Самая яркая звезда Льва—вышеупомянутый Регул, является звездой первой величины и находится на свободном конце ручки серпа.

Почти в зените, т.-е. в высшей точке неба, восточнее (левее) Арктура, стоят в полукруге семь звезд, которые легко могут быть указаны, несмотря на их малую яркость. Они составляют Северную Корону. Здесь самая яркая звезда—второй величины и называется Гемма (рис. 152).

На прямой линии от Арктура и Геммы, на двойном расстоянии обоих, светится недалеко от Млечного Пути очень красивая звезда первой величны—Вега в Лире, которая через 12.000 лет станет нашей полярной звездой (рис. 52).

Прямая от Геммы до Веги на половине пути встречает созвездие Геркулеса, которое не обнаруживает ничего замечательного. Поэтому я хочу вам напомнить, что именно к к этой области неба стремится солнце, вместе с планетами, со скоростью 20 километров в секунду.

Налево от Лиры, и как раз в середине Млечного Пути, там где он разделяется, виден Лебедь — пять звезд в виде большого креста, длинное колено которого лежит горизонтально, а короткое—вертикально. Звезда на его верху будет почти первой величины и называется Денеб.

Наконец линия, идущая от Полярной Звезды через Лебедя, встречает немного в стороне от Млечного Пути, три звезды, которые тесно стоят около друг друга, из которых средняя—первой величины. Она принадлежит созвездию Орла. Главная звезда называется Атаир и образует с Вегой и Денебом большой равнобедренный треугольник.

После того как мы познакомились с важнейшими созвездиями нас поражает, как мало из них соответствуют обозначениям, которые они имеют на звездных картах. Колесница, Корона, Дельфин и еще знаменитый на южном полушарии неба, у нас невидимый Южный Крест—составляют исключения. Все остальные звезды можно только с помощью карты, и то с трудом, приспособить под соответствующие картины.

От какого народа древности происходит обозначение созвездий—в настоящее время невозможно выяснить. Некоторые названия мы встречаем в Библии, другие у древних, живших около 1000 года до Р. Х., греческих поэтов Гомера и Гезиода.

У некоторых созвездий можно установить связанное с ними сказание.

В созвездии Большой Медведицы, в древней Греции, видели нимфу Каллисто, одну охотницу Дианы, которая была превращена в Медведицу и взята на небо. Ее охраняет медвежий сторож Арктур—знакомая нам звезда первой величины в созвездии Боотеса.

В созвездиях Кефея, Кассиопеи, Персея и Андромеды увековечена целая королевская семья. Кефей был эфиопским королем и женат на Кассиопеи. Для отвращения бедствия, которое послал на страну Посейдон в виде морского чудовища, дочь королевской четы Андромеда должна была быть принесена в жертву чудовищу. Для этого ее приковали цепями к скале, но она вскоре была освобождена Персеем при помощи головы Медузы. Затем Персей убил морское страшилище, тем самым освободил страну от несчастия, и за это получил Андромеду в жены.

Особенно обширное, но мало яркое созвездие оставили греки для своего главного героя—Геркулеса. Вблизи его мы находим Дракона, который охранял сады Гесперид. Под созвездием Девы древние очень замысловато представляли себе богиню справедливости—Дике, которая находилась на земле в золотом веке, однако потом променяла свое земное жилище на небесное. В другой передаче в этом созвездии увековечена богиня жатвы—Церера.

Самое красивое созвездие нашего северного неба—Орион, посвящен одному менее известному герою древности. Согласно легенде, Орион был знаменитый охотник, который сопровождал Диану и Латону. Вследствие его надменного гордого нрава и угрозам уничтожить все звериное царство земли, он, согласно сказанию, был по повелению богов смертельно укушен скорпионом, однако потом удостоился быть причислен к небу.

Также и более простые созвездия имеют мифологическую основу. Корона представляет головную повязку Ариадны, дочери жестокого короля Миноса с Крита, которая освободила Тезея из лабиринта и дала возможность бежать. Созведие Дельфина напоминает нам об Орионе постолько, поскольку знаменитый музыкант на лютне был спасен из рук разбойников, одним из этих водяных млекопитающих. Так и лютня Ориона находится на небе, будучи увековечена в созвездии Лиры.

Второй певец, герой греческой древности—Орфей—увековечен в созведии Лебедя. Знаменитый художник звуков нашел свою смерть во время религиозного празднества на Гемосе, когда он был разорван бешеными вакханками. Превращенный богами в лебедя, он поднялся на небо, где его и сейчас еще можно найти на одном самом богатом звездами и светлом месте Млечного Пути.

В средние века астрономией занимались почти исключительно арабы. Они об'единяли только некоторые звезды в созвездии, но зато имели многочисленные познания для наиболее ярких звезд. Теперешние звездные карты содержат огромное количество таких, правда испорченных, арабских названий. Плечо Ориона, где находится яркая красная звезда, арабы напр. называли Ibt—el—dschautza, откуда произошло—Бетейгезе. Голова Медузы, которую держит в руке Персей, называлась головой чудовища—ras—el—gul—отчего получилось, для обозначения самой яркой звезды этой части неба, название Алголя и т. д.

Несмотря, на то, что все обозначения для созвездий выбраны произвольно и устарели, их до сих пор продолжают употреблять. Они дают возможность, лучше чем какие-нибудь числовые данные, быстро ориентироваться на небесном своде совершенно так же, как в разговорном языке положение города, деревни и т. п. определяется названием страны и провинции, а не приведением величин географической широты и долготы.

■■ ■■

ТРИДЦАТЬ ВТОРАЯ ЛЕКЦИЯ.

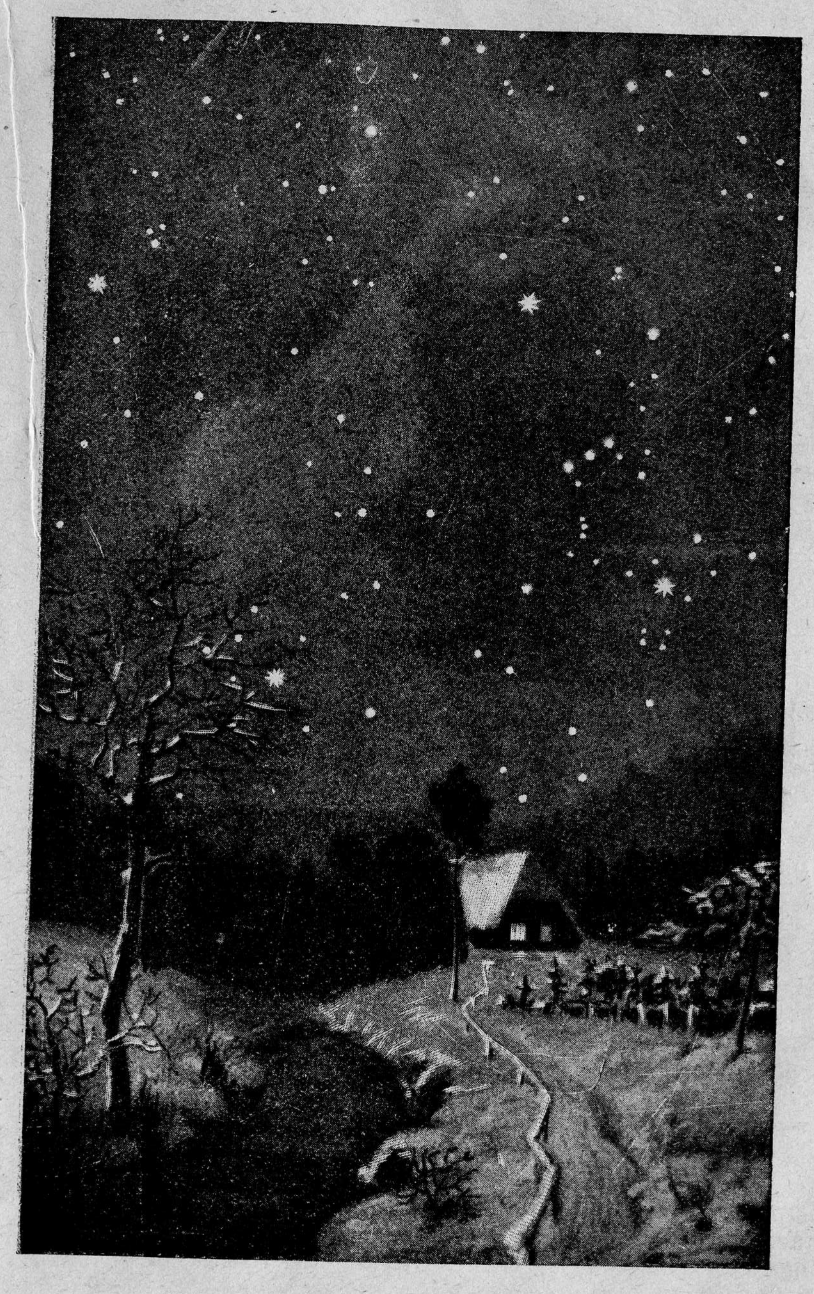
ЗВЕЗДНЫЕ КУЧИ И ТУМАННЫЕ ПЯТНА.

Млечный путь.—Исследование Гершеля.—Форма и протяжение системы Млечного пути.—Звездные кучи и туманности.—Особенная форма некоторых туманных пятен.—Заключение.

Кто из вас не наблюдал в ясные ночи, ту светлую ленту, которая опоясывает все небо, подобно светящемуся фосфорическому туману? Это образование называется Млечным Путем. Однажды Юнона,—так рассказывает легенда,—кормила молодого Геркулеса. Несколько капель молока упало с губ младенца, разлилось по небесному своду и с тех пор на небе образовалась нежная лента Млечного Пути. Наука взяла название этого фантастического рассказа, однако нашла, для воображаемой Млечной полосы, совсем иное об'яснение!

Млечный Путь представляется для простого глаза неправильной полосой нежного, светящегося тумана неравномерной яркости. Он тянется через все небо и делит его на две приблизительно равные части. Зимой на нашем полушарии мы можем проследить Млечный Путь через созвездия Кассиопеи, Персея, Возничего, между Близнецами и Орионом до Сириуса. Летом видна значительно более светлая часть мерцающего светового места, которая простирается от Кассиопеи, через Лебедя и Орла к Стрельцу. У Лебедя Млечный Путь разделяется на два рукава, которые затем снова

Таблица X.



Созвездие Ориона, зимний ландшафт.

соединяются на южном небе в созвездии Центавра. Следовательно, на половине своего пути, Млечный Путь расходится двумя дугами, которые на другой стороне снова сходятся, подобно тому, как разделяется металлическая оправа кольца для того, чтобы можно было вставить драгоценный камень. Как бы мы не напрягли наше зрение—оно не сможет нам ничего сказать об истинной природе Млечного Пути. Только зрительная труба частично разгадала загадку светящейся небесной ленты.

Если мы направим астрономическую трубу на любое место Млечного Пути, то там тотчас появляются тысячи ярких точек, там, где раньше глаз замечал только неопределен-

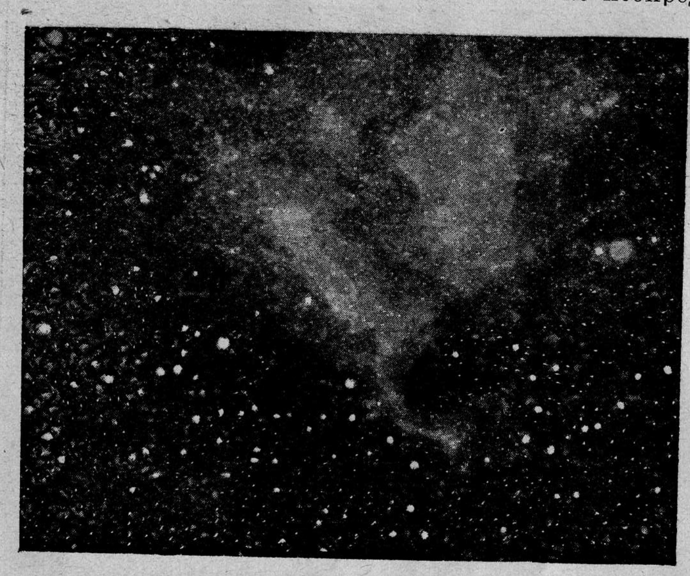


Рис. 153. Одна из самых светлых частей Млечного Пути с так. наз. туманностью Америки, недалеко от Денеба в Лебеде.

ное свечение. Это настоящее массовое звездное скопление, куча солнц. Отдельные песчинки морского берега издали сливаются в однотонную светлую полосу; при приближении мы ясно различаем бесчисленное количество отдельных зерен. Тоже самое происходит и с Млечным Путем—издалека, т.-е., если смотреть невооруженным глазом, он нам кажется светящейся полосой молочного цвета; вблизи, т.-е. в зрительную трубу, он будет громадным скоплением определенных звезд. Разве не получается впечатление, что какой то небесный океан нагромоздил на своем берегу, вместо песчинок, кучи солнц?

Оба Гершеля, отец и сын, которые были первыми подробно изучившими это небесное чудо, пользовались астроно-

мической трубой, поле зрения которой было не больше четвертой части видимого диска луны. В таком ограниченном пространстве количество звезд в наиболее плотных местах Млечного Пути достигало цифры 300—600. 600 звезд в небольшой части Млечного Пути, которая не больше четверти



Рис. 153а. Большая туманность в созвездии Ориона.

луны! 2.400 на площади целого лунного диска! Едва ли возможно насчитать такое количество звезд простым глазом на всем небесном своде!

Представляет ли на самом деле Млечный Путь то, чем он нам кажется в зрительную трубу—венок из миллионов скученных солнц? Или мы здесь имели дело с перспективным явлением того рода, что сами находимся в середине слоя

равномерно распределенных солнц? Следующий пример пояснит эту мысль.

Представьте себе тонкий, около 10 метров толщины туман, который лежит на поверхности земли и окружает нас со всех сторон! Какова картина получится для нас, стоящих в середине этого тумана, который простирается бесконечно далеко в горизонтальном направлении, а в вертикальном так ограничен? Взгляд, благодаря незначительной высоте, почти беспрепятственно проникает наверх; на своем пути он встречает относительно небольшое количество пузырьков воды, и небесная синева покажется нам только незначительно помутневшей. Напротив того, в горизонтальном направлении взгляд во все стороны упирается в безграничные слои туманных частичек; это будет мешать дальнозоркости и наблюдатель увидит, что он находится в более или менее плотном кругу непрозрачной материи. Таким образом, однородный туманный слой, который для нас в своем наименьшем протяжении будет незаметен, в наибольшем измерении образует вокруг нас плотную облачную зону. И действительно, та полоса тумана, которая постепенно окутывает горизонт, получается только подобным образом. Горизонт ничуть не туманнее того места где мы находимся, но только там в перспективе, туманные частички, которые распределены по поверхности земли, наслаиваются друг на друга.

Если вы это поняли, возвратимся опять к Млечному Пути и представим себе, что миллионы, именно миллионы неподвижных звезд, соединены в один плоский слой, который при небольшой толщине обнаруживает поистине неизмеримое протяжение. Таким образом, это—чтобы воспользоваться картиной, заимствованной из предыдущего примера—туман из солнц, который в толщину сильно ограничен, а в длину и ширину имеет громадное протяжение. Наше солнце—одна из звезд этого слоя, и мы находимся приблизительно в середине звездной туманности. Теперь все очень просто об'ясняется. Когда взгляд идет в направлении толщины слоя, он встречает только небольшое количество звезд, и небо кажется здесь пустым. Если же глаз проникает в глубину слоя, он находит большое количество звезд, которые нам кажутся лежащими одна подле другой, а на самом деле—одна за другой, и кажется будто они друг друга касаются и сливаются в однородном молочном свете. Следовательно, Млечный Путь—это перспективная картина плоскости звездного слоя, к которому мы сами принадлежим и в глубину которого смотрим. Он представляет в некотором роде крайний, окутанный туманным морем солнц, горизонт, куда достигает наш взгляд.

Резюмируем все сказанное: все звезды, которые мы видим на небе, обязательно все—малые и большие, телескопические и нетелескопические, округленное количество кото-

рых поменьшей мере — 500.000.000, расположены плоским слоем, в средней части которого находится наше солнце. Мы, которые видим слой из его середины, в одном направлении не обнаруживали скопления звезд, но в другом заметили Млечный Путь. Система Млечного Пути представилась бы наблюдателю, находящемуся вне ее в виде плоской туманности и линзообразной формы, может быть разделенной в том месте, где мы видим раздвоение Млечного Пути на две части. Эту туманность можно сравнить с картонным диском, наполовину надрезанным, чтобы разделенные части можно было друг от друга отогнуть.



Рис. 154. Шарообразная звездная куча в Геркулесе.

Гершель пытался на основании подобной предпосылки вычислить протяженность этого звездного скопления. Его метод так прост и ясен, что мы с интересом послушаем о нем. Если звезды, как предполагал Гершель, находятся друг от друга на приблизительно одинаковых расстояниях, то чем больше звезд встретит взгляд в данном направлении, тем толще в этом направлении слой. Исходя из этого основного положения которое с точки зрения наших современных знаний является довольно спорным, Гершель поставил своей целью измерить небесный свод. В качестве масштаба ему служила зрительная труба, которая позволяла проникать глазу достаточно глубоко в звездную туманность. В некоторых направлениях в зрительную трубу видна была одна звезда, в другом можно было насчитать около 10, в третьем—100, затем 200, 300 и т. д. Из этих чисел можно было вычислить относительную глубину звездного слоя, который взгляд исследовал в различных направлениях и, наконец при помощи полученных цифр, нарисовать форму туманности.

Так Гершель нашел, что линзообразный туманный слой в своем наибольшем протяжении, т.-е. в направлении Млечного Пути, простирается в пять раз дальше, нежели в толщину. Однако, он был уверен, что несмотря на остроту своей зрительной трубы он все-таки не достиг последних звезд туманности. Затем он нашел путем исследований, которые опирались на яркость наблюденных звезд, что наиболее далекие, еще заметные звезды Млечного Пути лежат по крайней мере

в 500 раз дальше ближайших. Для того, чтобы свет последних мог до нас дойти требуется около 4—5 лет; свету звезд, находящихся в глубине Млечного Пути, надо будет употребить около 20—25 столетий, а чтобы пройти через всю ширину звездного тумана потребуется по меньшей мере 3.000 — 4.000 лет.

Если у нас есть немного фантазии, то попробуйте теперь создать себе картину звездной кучи, в которой находитесь. Световой луч вспыхивает на краю звездной туманности и проходит через мировое пространство со скоростью в 300.000 километров в секунду. Пока вы успеете сказать одно—два слова, он проходит расстояние, которое в семь—

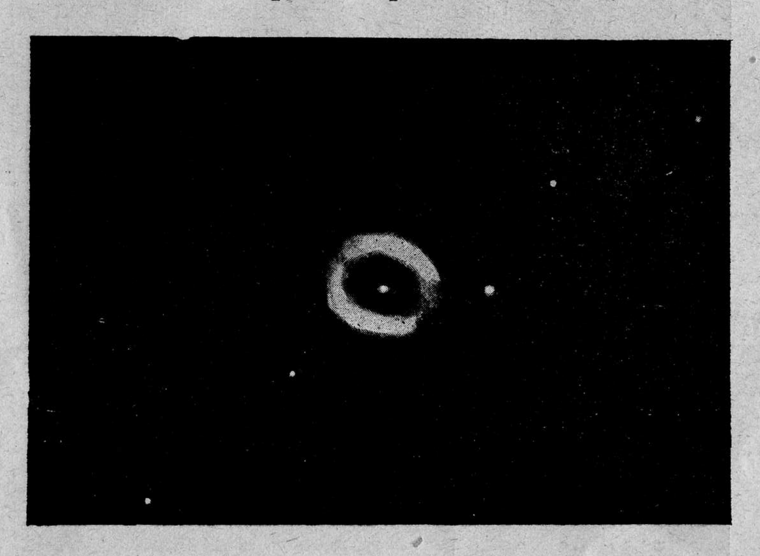


Рис. 155. Кольцевая туманность в Лире.

весемь раз больше окружности земли. В следующую секунду—опять 300.000 километров и так далее, ибо излучающийся свет сохраняет постоянную скорость. Проходят годы, века, тысячелетия, а световой луч еще не достиг своей цели. Только через 4.000 лет после момента своего излучения, достигает он противоположной стороны звездной туманности. Кто знает—достигнет ли он при этом границы звездного мира, и что по ту сторону Млечного Пути не рассеяны звезды в бесконечном пространстве?

Во всяком случае, Млечный Путь—как это мы видели—только кажущееся образование, результат наблюдения из нашего центрального места. Если бы мы находились где-нибудь далеко, вне этого слоя, то его вид издали был бы совершенно иной. Тогда бы звездное небо превратилось в гро-

мадный диск светящихся точек, который закрывал бы половину неба. Если бы мы стали удаляться, то светящиеся точки сдвинулись бы плотнее и затем представились бы в виде одного общего молочного свечения. Если же наконец расстояние достаточно велико, то громадное скопление солнц можно было бы сравнить с тонким белым туманом, который плавает где то в пространстве, где—глаз не различает.

Мы не можем в действительности увидеть нашей собственной громадной звездной туманности, которая вследствие



Рис. 156. Спиральная туманность в Гончих Собаках.

расстояния, казалась бы нам заключенной в таком тесном пространстве. Но в хорошую зрительную трубу можно с земли заметить нечто такое, что в высшей степени похоже на нашу звездную туманность. Этот инструмент обнаруживает в многочисленных областях неба светящиеся пятна, молочного цвета облака, которые по большей части имеют вид звездной туманности, т.-е. выглядят также, как и наше солнечное скопление. Астрономам удалось открыть больше 10.000 подобных туманностей. Но их число несомненно возрастет

с дальнейшим усовершенствованием наших астрономических инструментов. Вследствие слабой яркости туманностей и незначительного кажущегося протяжения, только немногие из них видны простым глазом; но уже в небольшую зрительную трубу с достаточной светосилой, можно обнаружить их большое количество. При небольшом увеличении они кажутся облачными хлопьями с бледным мягким светом. Но если употребить большую астрономическую трубу и подвергнуть длительному освещению фотографическую пластинку, в течение четырех-пяти и большего числа часов,—то можно притти в удивление от богатства и разнообразия форм этих мировых островов.

Когда Гершель начал свои исследования звездных туманностей он думал, что эти небесные туманности, с применением более сильных приборов, распадутся на отдельные звезды. Однако спектральное разложение их света показало, что некоторые из них дают спектр, состоящий исключительно из светлых линий, и то, что они должны быть в газообразном состоянии. Но если собрать свет других туманностей в фокусе об'ектива трубы или лучше, в фокусе зеркала и его разложить помощью щели и призмы в цветную ленту, то можно обнаружить, что некоторым туманностям не достает полноты тонов радуги. Они показывают три зеленые полосы на темном фоне, чем доказывается то, что они представляют самостоятельно светящуюся раскаленную материю, о составе которой мы не можем сказать ничего достоверного.

Большая часть этих далеких световых хлопьев собственно не представляет туманных, газовых масс, но настоящие звездные кучи, которые состоят из бесчисленных солнц и, несмотря на их большое взаимное удаление, кажутся нам на громадном расстоянии в виде одного сплошного плотного клубка. Наблюдения в зрительную трубу и фотографические снимки, из года в год, увеличивают количество этих светообразных образований. Весь мир можно сравнить с океаном, в котором островами плавают тучи солнечной пыли.

Самые разнообразные формы находим мы в этих небесных архипелагах. Если остановимся собственно на звездных кучах, которые в зрительную трубу распадаются на отдельные звезды, то среди них особенно выделяются шарообразные образования. Они представляются наблюдателю не в форме плоской линзы, как Млечный Путь, а в виде громадных шарообразных звездных туч, простирающихся на одинаковое расстояние во все стороны (рис. 154). Две самых красивых звездных кучи этого рода находятся одна в Центавре южного, а другая в Геркулесе северного полушария. Они, во всяком случае, не похожи на наш Млечный Путь, ибо, если бы можно было смотреть из их центра, то небо должно было бы представиться равномерно усыпанным звездами.

Спектроскоп показал, что многие спиральные туманности, которые мы раньше считали газообразными, представляют тоже звездные кучи. Даже на лучших фотографиях они выходят только в виде нежной вуали, спиральная форма которой обнаруживает почти неисчерпаемое богатство извилин, как в отношении их количества, так и формы (рис. 156). Они показывают свою истинную форму только тогда, когда мы смотрим на эти извилины в перпендикулярном направлении. Если взгляд падает на них в косом направлении, они нам кажутся в форме веретена.

Не имеем ли мы перед глазами в этих звездных кучах картину вполне согласующуюся с нашими ранее приведенными представлениями о Млечном Пути? Это почти так. Для наблюдателя, находящегося в середине такой спиральной звездной кучи, небесный свод был бы опоясан Млечным Путем, состоящим из отдельных извилин спирали, наслоенных друг на друга. При этом линзообразная форма нашей системы неподвижных звезд сохраняется в том виде, как ее себе представлял Гершель; с этим только трудно согласовать равномерное распределение одиночных звезд. Посмотрите как-нибудь в ясную осеннюю ночь на Млечный Путь недалеко от зенита! Почти что в тучи скапливаются там далекие солнца с темными, свободными от звезд, пустотами. Здесь, повидимому, как в спиральных туманностях, пространственно разграничиваются более обильные звездами области от менее обильных.

Не менее интересны и настоящие туманности, т.-е. такие, которые состоят не из солнц, а из светящейся газообразной материи. Они представляются в зрительную трубу частью в виде круглых дисков, частью имеют кольцеобразную форму, частью же производят впечатление, разорванных ветром туч, которые он гонит по небу (рис. 144). Их мы можем сравнить только с нежным дымчатым светом хвоста комет.

Но как велико расстояние до этих редких образований от места, занимаемого нами в пространстве? Особенно интересно—представляют ли звездные круги—миры, равные по величине нашей системе Млечного Пути? Может быть они лежат на расстоянии, которое даже свет может пройти только в несколько тысяч лет? Или они принадлежат к нашему мировому острову в качестве звездных систем низшего порядка и только поэтому кажутся такими громадными? На этот вопрос трудно ответить, но при современном состоянии нашего знания, это последнее предположение является наиболее вероятным. При подобных громадных расстояниях, при которых скорость молнии и света нисколько не может подвинуть вперед наших взглядов, вселенная остается для человеческого ума большим чудом, явления которой мы преследуем и наблюдаем, но установить и обосновать их внутреннюю, взаимную связь почти не можем.

■■ ■■

Оглавление.

Стр.

ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ НЕМЕЦКОМУ ИЗДАНИЮ . . . 7

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ НЕМЕЦКОМУ ИЗДАНИЮ . . 8

ЗАМЕЧАНИЯ, КОТОРЫЕ НЕОБХОДИМО ИМЕТЬ В ВИДУ ПРИ ЧТЕНИИ КНИГИ . . . . —

ПЕРВАЯ ЛЕКЦИЯ.

Из геометрии.—Измерения в небесном пространстве и геометрия.—Угол и линия.—Окружность и деление на градусы.—Измерение углов на бумаге и на земле.—Свойства многоугольников.—Треугольник.—Подобные изображения 9

ВТОРАЯ ЛЕКЦИЯ.

Форма и величина земли.—Шарообразная форма земли.—Часовой циферблат в качестве модели земного меридиана.—Измерение окружности земли.—Большие и малые круги шара.—Наглядное представление величины земли на различных примерах 20

ТРЕТЬЯ ЛЕКЦИЯ.

Определение веса земли.—Падение тел и сила притяжения земли.—Крутильные весы Кавендиша.—Зависимость притяжения от расстояния и массы.—Правило притяжения масс.—Еще раз весы Кавендиша.—Вес и плотность земли 27

ЧЕТВЕРТАЯ ЛЕКЦИЯ.

Вращение земли вокруг оси.—«Верх» и «низ» на земном шаре.—Суточное вращение неба.—Движение кажущееся и действительное.—Опыт Фуко с маятником.—Пассатные ветры.—Картина вращения земли для наблюдателя в небесном пространстве 34

ПЯТАЯ ЛЕКЦИЯ.

Влияние вращения на форму земли.—Полюсы, экватор и параллели земли.—Сплюснутость земли у полюсов.—Центробежная сила и ее действие.—Капля масла, плавающая в жидкости, как картина земли, когда она находилась в жидком состоянии.—Действие слишком быстрого или соответственно замедленного вращения земли 42

ШЕСТАЯ ЛЕКЦИЯ.

Полюсы неба и географическая широта.—Полюсы неба и их положение среди звезд.—Нахождение стран света по полярной звезде и компасу.—Высота и зенитное расстояние.—Высота и географическая широта 50

Стр.

СЕДЬМАЯ ЛЕКЦИЯ.

Время и географическая долгота.—Вращение земли, как способ измерения времени.—Определение полудня по длине теней.—Нулевой меридиан и географическая долгота.—Значение долготы и широты для изображения земли.—Кругосветное путешествие 59

ВОСЬМАЯ ЛЕКЦИЯ.

Движение земли вокруг солнца.—Годовое обращение земли вокруг солнца.—Движение земли в пространстве.—Эллиптическая форма земной орбиты.—Кажущееся годовое движение по кругу зодиака.—Истинное и среднее солнечное время 68

ДЕВЯТАЯ ЛЕКЦИЯ.

Положение земной оси в пространстве и времена года.—Неизменное положение земной оси и смена времен года.—Склонение земной оси к орбите и ее неизменное направление.—Освещение и нагревание земной поверхности 21 июня, 21 декабря, 21 марта и 23 сентября.—Времена года.—Изменение положения земной оси 77

ДЕСЯТАЯ ЛЕКЦИЯ.

Календарь.—Летосчисление по луне и солнцу.—Софический период египтян.—Юлианский календарь.—Григорианский календарь.—Название месяцев.—Христианское, магометанское и еврейское летосчисление. 85

ОДИННАДЦАТАЯ ЛЕКЦИЯ.

Преломление лучей в атмосфере земли.—Влияние атмосферы на видимую форму солнца утром, в полдень и вечером.—Прямой и рассеянный свет.—Сумерки и высота атмосферы.—Увеличение на горизонте звезд.—Прочие действия преломления света 92

ДВЕНАДЦАТАЯ ЛЕКЦИЯ.

Зрительная труба.—Линза, как зажигательное и увеличительное стекло.—Астрономическая зрительная труба или рефрактор. Фотография неба.—Зеркальная зрительная труба или зеркальный телескоп.—Самые большие зрительные трубы 100

ТРИНАДЦАТАЯ ЛЕКЦИЯ.

Спектральный анализ.—Действие стеклянной призмы на световой луч.—Солнечный спектр и линии Фраунгофера.—Линии поглощения паров металлов.—Светлые линии раскаленных газов.—Измерение движения звезд 107

ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ ЛЕКЦИЯ.

Измерение недоступных расстояний. — Кажущаяся близость луны.—Определения расстояния и размера недоступной башни.—Базис Берлин—Капштад, для измерения расстояния до луны.—Удаленность и величина луны 117

ПЯТНАДЦАТАЯ ЛЕКЦИЯ.

Прогулка на луну.—Путешествие на воздушном корабле в высших слоях земной атмосферы.—Пустое пространство.—Взаимное притяжение луны и земли.—Сила тяжести и вес на луне.—Виды и величина лунных гор. 124

Стр.

ШЕСТНАДЦАТАЯ ЛЕКЦИЯ.

Физический состав поверхности луны.—Кольцевой вал Тихо в качестве примера лунного кратера.—Световые полоски борозды.—Недостаток воздуха и воды.—Достижения зрительной трубы. . . 133

СЕМНАДЦАТАЯ ЛЕКЦИЯ.

Вид с луны на землю.—Ландшафт северного полушария луны.—Освещение землею луны.—Осевое вращение луны.—Смена фаз земли. 140

ВОСЕМНАДЦАТАЯ ЛЕКЦИЯ.

Обращение луны вокруг земли.—Выводы из факта падения яблока.—Действие земного притяжения на летящий пушечный снаряд.—Вычисление силы земного притяжения для тела, находящегося на расстоянии до луны.—Фазы луны.—Сидерическое и синодическое обращение луны 148

ДЕВЯТНАДЦАТАЯ ЛЕКЦИЯ.

Затмение луны.—Образование тени.—Частичные и полные лунные затмения.—Цвет луны во время затмения.—Вид затмения с разных точек земной поверхности 157

ДВАДЦАТАЯ ЛЕКЦИЯ.

Солнечные затмения.—Образование солнечного затмения.—Полные, кольцевые и частные затмения.—Явления, сопровождающие полное затмение.—Протуберанцы и корона.—Предсказание затмений. . 162

ДВАДЦАТЬ ПЕРВАЯ ЛЕКЦИЯ.

Расстояние и величина солнца.—Базис для измерения солнечного расстояния.—Метод Аристарха Самосского.—Прохождение Венеры через солнечный диск.—Величина солнца по сравнению с землей.—Определение солнечной массы из движения земли.—Сила тяжести на солнце. 167

ДВАДЦАТЬ ВТОРАЯ ЛЕКЦИЯ.

Физическое строение солнца.—Плотность солнечной материи.—Солнечные пятна и факелы.—Газовая оболочка солнца.—Состав солнечной атмосферы.—Фотография спектра протуберанцев и факелов. . 175

ДВАДЦАТЬ ТРЕТЬЯ ЛЕКЦИЯ.

Солнечная система.—Планеты и луны и их движение.—Законы Кеплера.—Зависимость между временем обращения и расстоянием планет от солнца.—Об'ем, масса и плотность планет 184

ДВАДЦАТЬ ЧЕТВЕРТАЯ ЛЕКЦИЯ.

Внутренние планеты от Меркурия до Марса.—Деление планет.—Фазы нижних планет.—Меркурий и Венера.—Размеры и орбита Марса.—Сходство Марса с землей. 194

ДВАДЦАТЬ ПЯТАЯ ЛЕКЦИЯ.

Карликовый мир астероидов и великан Юпитер.—Размеры и орбиты малых планет или астероидов.—Фотографический метод открытия.—Размеры и движения Юпитера.—Луны планеты великана.—Скорость света. 204

Стр.

ДВАДЦАТЬ ШЕСТАЯ ЛЕКЦИЯ.

Сатурн, Уран и Нептун, крайние планеты солнечной системы.—Размеры и орбита Сатурна.—Кольцо планеты.—Открытие Урана.—Взаимное влияние планет друг на друга.—Возмещения.—Удивительное открытие Леверрье.—Нептун и границы солнечной системы . . . 211

ДВАДЦАТЬ СЕДЬМАЯ ЛЕКЦИЯ.

Кометы.—Внешние явления и движение комет.—Прозрачность и ничтожная масса хвостатых звезд.—Наблюдение над кометой Лекселля.—Возможность столкновения с землей.—Яркие кометы последних столетий 220

ДВАДЦАТЬ ВОСЬМАЯ ЛЕКЦИЯ.

Периодические кометы и их связь с метеорами.—Замкнутые и открытые орбиты комет.—Комета Галея.—Комета Биелы и ее исчезновение.—Падающие звезды и огненные шары.—Связь метеоров с кометами.—Метеориты и их состав 228

ДВАДЦАТЬ ДЕВЯТАЯ ЛЕКЦИЯ.

Расстояние и величина неподвижных звезд.—Земная орбита, как базис для измерения расстояния до неподвижных звезд.—Удаление ближайших неподвижных звезд в световых годах.—Солнечная природа и вероятная величина неподвижных звезд.—Деление и количество неподвижных звезд 237

ТРИДЦАТАЯ ЛЕКЦИЯ.

Движение и физическое строение звезд.—Изменение положения звезд на небе и в пространстве.—Двойные звезды и их движение.—Исследование спектра звезд.—Переменные звезды.—Появление новых звезд. 245

ТРИДЦАТЬ ПЕРВАЯ ЛЕКЦИЯ.

Нахождение и наблюдение звезд.—Изменение вида неба в течение одного года.—Околополярные звезды.—Созвездия зимнего неба.—Созвездия летнего неба. 255

ТРИДЦАТЬ ВТОРАЯ ЛЕКЦИЯ.

Звездные кучи и туманные пятна.—Млечный путь.—Исследование Гершеля.—Форма и протяжение системы Млечного пути.—Звездные пути и туманности.—Особенная форма некоторых туманных пятен.—Заключение 262
